REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

L'ÉVAPORATION ÉLECTRIQUE [1]

Il est bien connu que lorsqu'un tube vide est muni d'électrodes de platine, le verre adjacent se noircit rapidement au voisinage du pôle négatif. Cela est dû au dépôt du platine. Le passage du courant d'induction stimule grandement le mouvement du résidu des molécules gazeuses; celles qui sont condensées sur le pôle négatif ou dans son voisinage immédiat, sont projetées avec une grande vitesse en lignes presque droites, la rapidité variant en raison du degré d'épuisement du tube et aussi de l'intensité du courant d'induction. Le platine étant employé pour le pôle négatif, non seulement les molécules gazeuses sont projetées de l'électrode, mais de plus le passage du courant affecte le mouvement moléculaire normal du métal au point d'éloigner quelques molécules de la sphère d'attraction de la masse, ce qui les entraîne en dehors du courant des molécules gazeuses provenant du pôle négatif, et les fixe aux objets voisins. Cette propriété fut, je crois, démontrée pour la première fois par le Dr Wright, de Yale College; il décrivit quelques-unes de ses intéressantes expériences dans *The American Journal of Science and Arts* [2]. Ce procédé a été souvent employé pour la production des petits miroirs destinés aux appareils de physique.

Cette volatilisation ou évaporation électrique est presque semblable à l'évaporation ordinaire, causée par la chaleur. La cohésion des solides varie selon leur constitution physique et chimique; aussi chaque espèce de matière solide demande à être élevée à une certaine température avant que ses molécules perdent la fixité de leur position et soient rendues liquides, résultat obtenu pour les divers corps à des températures très différentes.

Si nous considérons un liquide à la pression atmosphérique — par exemple, une cuvette d'eau dans une chambre ouverte, — aux distances moléculaires la surface limitrophe entre le liquide et le gaz superposé ne sera pas plane, mais agitée comme une mer orageuse. A la surface du liquide les molécules bondissent, çà et là, rejaillissent de leurs voisines et s'élancent dans toutes les directions. Leur vitesse initiale peut être accélérée ou retardée suivant la direction de la force qui les pousse. Si une molécule du liquide a été dirigée vers un angle avec une vitesse insuffisante pour la conduire au delà du rang de l'attraction moléculaire du liquide, elle peut s'échapper, parce que, dans son excursion montante, une molécule gazeuse peut la frapper dans la bonne direction, et sa visite temporaire peut la conduire à un état permanent.

La vitesse propre des molécules est augmentée par la chaleur et diminuée par le froid. Si, pour cette raison, nous élevons la température de l'eau sans augmenter sensiblement celle de l'air environnant, les excursions des molécules du liquide sont rendues plus longues et la force impulsive plus grande, et ainsi l'échappement des molécules dans la région supérieure du gaz s'accroît; nous disons alors que l'évaporation est augmentée.

[1] Cet important travail a été présenté le 11 juin 1891 à la Société royale de Londres. Voyez à ce sujet la *Revue* du 30 juin 1891, page 430.

[2] 3e série, vol. 12 p. 49. Janvier, 1877, et vol. 14, p. 169, septembre, 1877.

Quel que soit, indépendamment de l'élévation de température, le moyen employé pour accroître la vitesse initiale des molécules liquides, et précipiter leur sortie sous forme de gaz, le résultat peut être nommé « évaporation » comme si, pour la produire, on avait eu recours à la chaleur.

Jusqu'ici j'ai seulement considéré le cas d'un liquide s'évaporant en gaz; mais le même raisonnement peut également s'appliquer à un corps solide. Mais, tandis qu'un corps solide comme le platine demande une chaleur intense pour permettre à sa couche supérieure de molécules de passer au delà de la sphère d'attraction des molécules voisines, l'expérience montre qu'un très petit apport d'électricité négative ajoute assez d'énergie pour que la couche des molécules métalliques s'élance au delà du pouvoir attractif du reste du métal.

Si un milieu gazeux existe entre le liquide ou le solide, il empêche à un certain degré les molécules de s'échapper. Ainsi, — ordinaire ou électrique — l'évaporation est plus rapide dans le vide que sous la pression atmosphérique normale.

J'ai fait récemment les expériences suivantes sur l'évaporation de différentes substances sous l'influence de la pression électrique.

I

Evaporation de l'eau. — Deux légers plats de porcelaines furent remplis d'eau acidulée et équilibrés sur les plateaux d'une balance très sensible. Dans chaque plat plongeait un fil de platine touchant le liquide, mais non le plat; l'un de ces fils était en rapport avec une bobine d'induction; l'autre était isolé. La balance fut abandonnée à son mouvement; mais elle ne bougea pas, l'aiguille restant au centre. L'eau en rapport avec la bobine fut d'abord rendue positive. Après 1 h. 3/4 il n'y avait presque aucune différence entre le poids de l'eau isolée et celle qui était chargée par le courant positif.

L'équilibre étant rétabli, le courant fut renversé, le courant négatif restant sur le plat pendant deux heures. Au bout de ce temps l'eau électrisée était décidément la plus légère. Après avoir encore rétabli l'équilibre, l'électrisation des plats fut renversée, c'est-à-dire que celui qui avait été isolé le premier fut rendu négatif, et l'autre fut isolé. En une heure l'eau électrisée était plus légère que l'eau isolée. L'expérience a été faite dans une chambre à température uniforme, maintenue à l'abri des courants d'air par le globe de verre de la balance.

Dans une autre expérience, les quantités furent pesées, et il fut trouvé que l'eau négativement électrisée avait perdu, en 1 h. 1/2, 1/1000 de son poids de plus que l'eau isolée.

Cette expérience montre que l'influence troublante qui aide l'évaporation est particulière au pôle négatif, même sous la pression normale de l'atmosphère.

Le cadmium fut expérimenté ensuite.

Évaporation du cadmium. — Si la sortie du métal du pôle négatif est semblable à l'évaporation ou à la volatilisation, l'opération doit être accélérée par la chaleur.

Un tube fut fait comme le montre la figure 1. A et B sont les pôles de platine soudés dans le

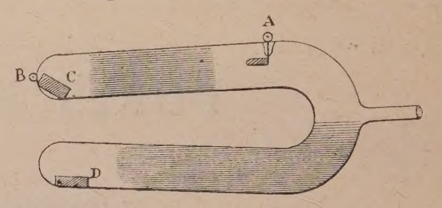


Fig. 1.

verre. C et D sont deux blocs de cadmium métallique de même volume et de même poids. Le bloc C est en contact avec le pôle B, qui fut toujours conservé négatif dans l'expérience, le pôle A étant positif.

Lorsque l'épuisement du gaz fut tel que le courant donnât sur le verre des phosphorescences vertes, la chaleur fut appliquée simultanément aux deux extrémités du tube en U, au moyen d'un bec de gaz et d'un bain d'air, de sorte que chaque morceau de cadmium était à la même température que l'autre. Le courant fut alors appliqué et conservé pendant environ une heure, et je remarquai qu'aucun métal ne se déposa dans le voisinage du pôle positif. La partie supérieure de cette branche du tube était parfaitement propre, tandis que la partie symétrique de l'autre branche du tube, n'ayant pas d'électrodes, était recouverte d'une épaisse couche métallique, comme le montre le dessin. Comme la température était haute, le métal avait distillé des deux blocs ; il n'y avait donc aucune différence visible dans la somme du dépôt dû à chacun d'eux. Il est évident que, pour rendre l'action électrique plus visible, la température devrait être maintenue au-dessous du point normal de volatilisation.

Dans l'expérience suivante un tube exactement semblable fut employé ; le vide était tel que la phosphorescence verte du verre fût très apparente; la température fut maintenue juste au-dessous du point de fusion du cadmium, et le courant passa pendant une heure. En examinant le tube au bout de ce temps-là, il apparut tel que le représente la figure 2. Un dépôt considérable s'était fait à l'extrémité du tube près du pôle négatif; l'espace autour du pôle positif était clair, tandis que dans la branche du tube où l'électricité n'avait pas passé, on ne voyait qu'un très léger dépôt de métal, comme le montre la figure.

Dans cette expérience la température avait été maintenue au-dessous du point de fusion. Si nous n'avions pas appliqué l'électricité, il y aurait eu très peu d'évaporation, sinon aucune. L'étendue

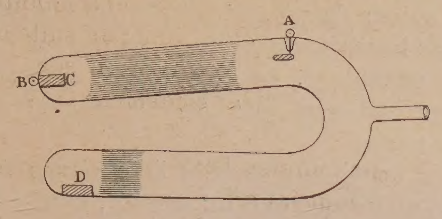


Fig. 2.

des oscillations moléculaires était augmentée par l'élévation de la température, mais insuffisamment pour permettre à de nombreuses molécules de passer au-delà de la sphère d'attraction de la masse. Lorsqu'au contraire, le courant passait, les oscillations étaient suffisamment augmentées pour conduire quelques molécules au delà de leurs sphères d'attraction et de là dans les espaces supérieurs vides. Comme dans l'expérience de l'eau, cela arriva seulement au pôle négatif. Il semblerait que, même après avoir été retiré du reste de la masse, le courant qui précipite les molécules gazeuses est nécessaire pour conduire ailleurs les molécules métalliques, et, comme je le montrerai tout à l'heure, même alors elles disparaissent rapidement de la file et se déposent sur les parois du tube.

Un autre tube fut construit comme le montre la figure 3. A, B, C, D étaient des fils de platine

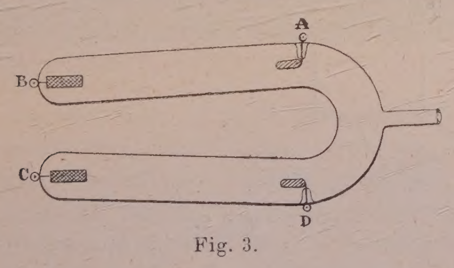


Fig. 3.

soudés dans le verre; en A et D des pôles d'aluminium recouvraient les fils de platine. Aux extrémités du tube, et touchant les pôles B et C, étaient placés deux morceaux de cadmium de même grandeur et de même forme. Le tube fut amené jusqu'au point phosphorescent, et le courant fut dirigé dessus, C étant rendu négatif et D positif. La chaleur ne fut pas appliquée. Le courant fut conservé ainsi pendant à peu près une demi-

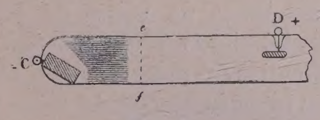


Fig. 4.

heure, jusqu'au moment où un bon dépôt de métal restait sur le verre, comme l'indique la figure 4. Le verre, près du pôle C, était couvert de métal, tandis que le verre entourant le pôle D était clair. La limite extérieure de l'espace sombre pendant l'expérience est représentée par la ligne pointée *ef*.

Le pôle B fut ensuite rendu positif et le pôle A négatif, et le courant fut de nouveau conservé pendant une demi-heure. Au bout de ce temps, le seul effet produit, fut un léger obscurcissement autour du morceau de cadmium, mais beaucoup plus faible, comme le montre la figure 5. Cet effet est

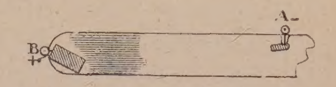


Fig. 5.

dû sans doute à un léger coulage de la décharge négative, provenant du pôle positif. L'expérience montre que l'électrisation positive n'aide pas sensiblement le métal à se volatiliser.

Dans ces expériences, on ne fit aucune estimation du poids du métal déplacé, ni du cadmium déposé sur les fils de platine qui étaient soudés dans le verre.

Dans le but d'arriver à apprécier la quantité déposée, et aussi pour éliminer tout effet de dérangement causé par la chaleur, au point de contact indifférent, j'instituai les expériences suivantes :

Le tube en U, que représente la figure 6, portait

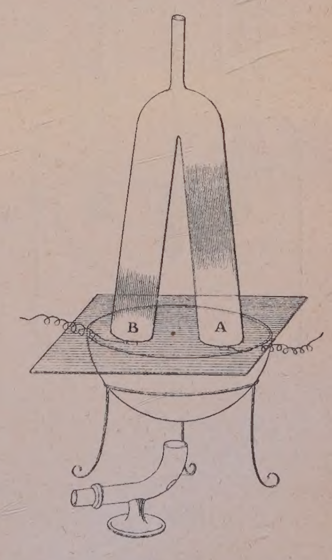


Fig. 6.

un pôle de platine soudé à chacune de ses extrémités. Six grains de cadmium pur furent placés dans chaque branche et fondus autour du fil de platine. Les extrémités du tube furent alors placées dans un bain d'air, et maintenues à une température de 200° C. pendant la durée de l'expérience [1]. L'absorption resta à 0mm00076. Le courant d'in-

[1] Le cadmium fond à 320° et bout à 860°.

duction fut maintenu pendant trente-cinq minutes, le pôle A étant négatif et le pôle B positif. Au bout de ce temps, la plus grande partie du cadmium avait disparu du pôle négatif, laissant clair le fil de platine, aucun dépôt de métal n'étant auprès, et les molécules paraissant avoir été projetées à une distance d'environ $\frac{3}{4}$ de pouce.

L'apparence du pôle positif était bien différente; le cadmium n'avait presque pas été volatilisé et le métal condensé était venu tout près du pôle. Le tube fut ouvert et les restes des fils et du métal furent pesés. Le cadmium, qui était alors loin des pôles, fut dissous dans une solution acide; le résidu fut alors lavé, séché, et pesé :

	Pôle positif	Pôle négatif
Poids primitif du cadmium...	6grs	6grs
Cadmium restant sur le pôle.	3, 65	0, 25
Cadmium volatilisé en 35 min.	2, 35	5, 75

La différence entre les quantités de cadmium chassées des deux pôles se trouvant ainsi affirmée,

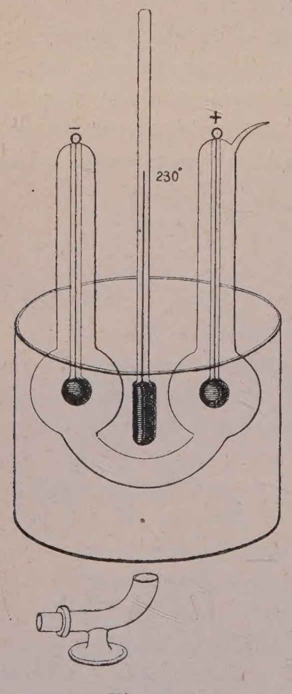


Fig. 7.

une autre expérience fut faite dans un tube arrangé de façon à peser facilement le métal avant et après l'expérience. La figure 7 représente l'appareil. Un tube en U fut soufflé, ayant une boule dans chaque branche. Les pôles de platine étaient, comme auparavant, à chaque extrémité des branches, et dans chaque boule se trouvait suspendu à un crochet de platine un petit morceau de cadmium, le métal ayant été fondu sur le fil. Chacun des fils fut pesé avec et sans le cadmium. La partie inférieure du tube fut enfermée dans un vase de métal contenant de la paraffine : la température fut maintenue à 230° C. pendant la durée de l'expérience. Un dépôt se fit presque immédiatement autour du pôle négatif, et en cinq minutes la boule le surmontant devint opaque par suite du dépôt métallique. Le pôle positif avec son entourage lumineux put être facilement observé tout le temps.

Après trente-cinq minutes l'expérience fut terminée, et, lorsque tout fut refroidi, le tube fut ouvert et les fils pesés de nouveaux. Voici les résultats :

	Pôle positif	Pôle négatif
Poids du cadmium à l'origine.	9grs34	9grs38
Poids après l'expérience......	9, 25	1, 86
Cadmium volatilisé en 30 min.	0grs09	7grs52

Trouvant que le cadmium se volatilisait si facilement sous l'action du courant d'induction, une grande quantité, — environ 350 grammes du métal pur, — fut soudée dans un tube, comme le montre la figure 8 : l'extrémité du tube contenant le métal fut chauffée juste un peu au-dessus du point de fusion ; le métal fondu étant le pôle négatif, en quelques heures la quantité entière était volatilisée et condensée en une couche épaisse sur

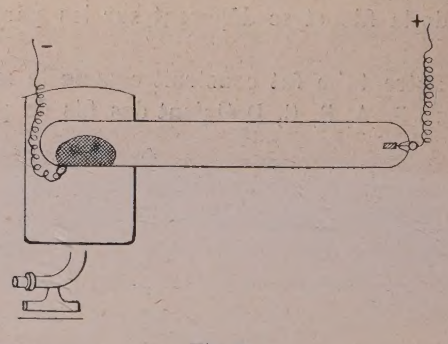


Fig. 8.

l'extrémité la plus éloignée du tube près du pôle positif, mais ne le touchant pas.

Volatilisation de l'argent. — L'expérience suivante fut faite sur l'argent. L'appareil était semblable à celui employé pour le cadmium (fig. 7). De petites balles d'argent pur furent fondues à l'extrémité de fils de platine et suspendues dans les boules de verre. Les fils de platine étaient protégés par des tubes de verre, de sorte que les balles d'argent étaient seules exposées.

L'appareil entier fut enfermé dans une boîte de métal, garnie intérieurement de mica, et la température fut maintenue aussi haute que le permettait le verre sans se fondre. Le vide fut amené à un espace sombre de 3 millimètres et le courant

conservé pendant 1 h. 1/2. Le poids de l'argent avant et après l'expérience fut :

	Pôle positif	Pôle négatif
Poids de l'argent au début..	$18^{grs}14$	$24^{grs}63$
Poids après l'expérience.....	18, 13	24, 44
Argent volatilisé en 1 h. 1/2.	$0^{grs}01$	$0^{grs}19$

Ayant trouvé que l'argent se volatilisait facilement au pôle négatif dans un bon vide, j'instituai des expériences pour examiner si les molécules de métal projetées du pôle contribuaient à produire la phosphorescence. Un appareil de verre fut construit comme le montre la figure 9. Une boule en poire de verre allemand a, près de sa petite extrémité à l'intérieur, un pôle négatif concave, A, d'argent pur, monté de telle sorte que son image renversée soit projetée sur l'extrémité opposée du tube. A l'intérieur du tube se place un écran de mica C, ayant un petit trou au centre, de sorte qu'un mince rayon émané du pôle d'argent puisse passer à travers, formant ainsi un point phosphorescent D, à l'extrémité de la boule. L'épuisement fut porté à un degré très élevé, 0^{mm} 00068. Le courant d'une bobine d'induction passa pendant quelques heures, le pôle d'argent étant négatif, de façon à enlever une certaine portion de l'électrode d'argent. En examinant de nouveau, je trouvai que tout l'argent était déposé dans le voisinage immédiat du pôle, tandis qu'à l'extrémité du tube le point D, qui avait constamment brillé d'une lumière phosphorescente, était sensiblement exempt d'argent.

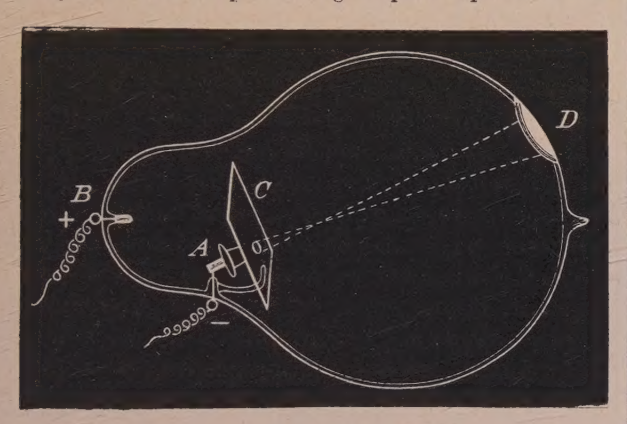


Fig. 9.

Un autre tube fut ensuite préparé (fig. 10) portant deux pôles négatifs liés ensemble, A, A', placés de façon à projeter deux points lumineux sur le verre phosphorescent du tube. L'une des électrodes, A', était d'argent, métal volatil; tandis que l'autre A, était d'aluminium, en pratique non volatil. En attachant les deux pôles négatifs, A, A', à l'un des bouts de la bobine, et le pôle positif, B, à l'autre extrémité, il fut observé, dans le cours d'une demie-heure, qu'une quantité considérable de métal avait été projetée du pôle négatif d'argent, tandis qu'il n'y avait eu aucune projection de la surface métallique du pôle positif d'aluminium. Cependant, tout le temps de l'expérience les deux points phosphorescents, C, C', avaient brillé avec

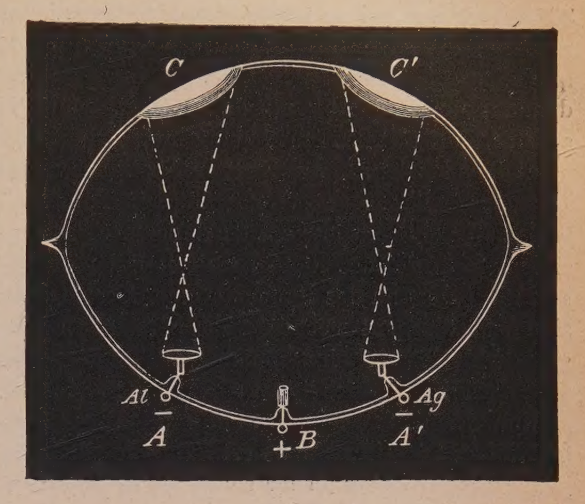


Fig. 10.

la même intensité, montrant par là que *l'agent actif de la phosphorescence était constitué non par les molécules du solide projetées des pôles, mais bien par le résidu des parcelles gazeuses, ou « matière radiante »*.

Dans les tubes construits jusqu'à présent pour contenir l'argent, il n'a pas été facile d'observer le spectre du pôle négatif, provenant de la rapidité avec laquelle le dépôt obscurcit le verre.

Un tube spécial du modèle suivant (fig. 11) fut

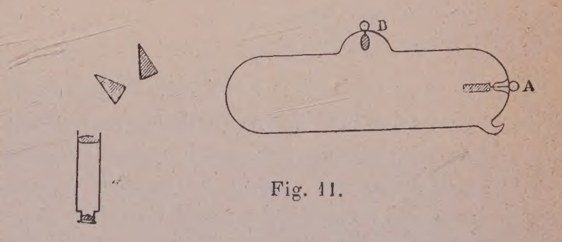


Fig. 11.

alors imaginé. Le pôle d'argent, A, fut attaché au pôle de platine à l'une des extrémités du tube; B, le pôle positif d'aluminium, était sur le côté. L'extrémité du tube opposée au pôle d'argent était arrondie; le spectroscope fut placé de manière à observer la lumière de l'argent se volatilisant « tout droit », comme le montre la figure. De cette façon, le dépôt d'argent n'offrait aucun obstacle à la lumière, aucun dépôt n'étant formé, sauf sur les côtés du tube entourant l'argent.

Au vide donnant un espace sombre correspondant à environ 3 milligrammes de l'argent, on pouvait voir un éclat blanc verdâtre autour du métal. Ce feu donnait un sceptre très brillant. L'étincelle des pôles d'argent fut amenée dans le même rayon visuel, que l'éclat du vide au moyen d'un prisme à angle

droit attaché au spectroscope; les deux spectres furent comparés. Les deux grosses lignes vertes de l'argent étaient visibles dans chaque spectre; la mesure prise de leurs positions était de 3344 et 3675, nombres qui se rapprochent tellement des nombres de Thalen qu'ils ne laissent aucun doute que ce sont des lignes de l'argent. A une pression donnant un espace obscur de 2 milligrammes, le spectre était très brillant et consistait principalement dans les deux lignes vertes et les lignes vertes et rouges de l'hydrogène. L'introduction d'une bouteille de Leyde dans le circuit n'augmente pas sensiblement l'éclat des lignes; mais il fait ressortir l'éclat bien connu des lignes de l'air. A cette pression peu d'argent s'échappe du pôle. A un plus grand vide, le cercle lumineux autour du pôle d'argent s'amoindrit et les lignes vertes s'évanouissent.

A un vide poussé à environ un millionième d'atmosphère, l'éclat lumineux est faible, le pôle d'argent a l'apparence d'un fer rouge, et la volatilisation du métal se fait rapidement [1].

Si, pour l'électrode négative, on employait un alliage au lieu d'un métal pur comme l'argent et le cadmium, les différents agents qui le composeraient pourraient être lancés dans des directions différentes et déterminer ainsi une séparation électrique — une espèce de distillation fractionnée. Une extrémité négative fut faite en laiton, et soumise à la décharge électrique *in vacuo;* le dépôt obtenu présenta seulement la couleur du laiton; en examinant le dépôt chimiquement, je n'ai pu découvrir aucune séparation dans ses composés, le cuivre et le zinc.

II

Revenons aux analogies avec l'évaporation des liquides. Prenez des liquides ayant des points d'ébullition différents; mettez-les sous la même pression et appliquez la même somme de chaleur à chacun; la quantité passant de l'état liquide à l'état gazeux diffèrera grandement dans chaque cas.

Il était intéressant d'essayer une expérience parallèle avec des métaux, pour trouver dans les mêmes conditions de température leur volatilité comparative et l'influence de l'électricité sur ce phénomène. Il fallait prendre un métal comme terme de comparaison; je choisis l'or, sa volatilité électrique étant grande, et sa préparation à l'état pur facile.

Un appareil fut construit comme le montre la figure 12. C'est en principe un tube vide avec quatre

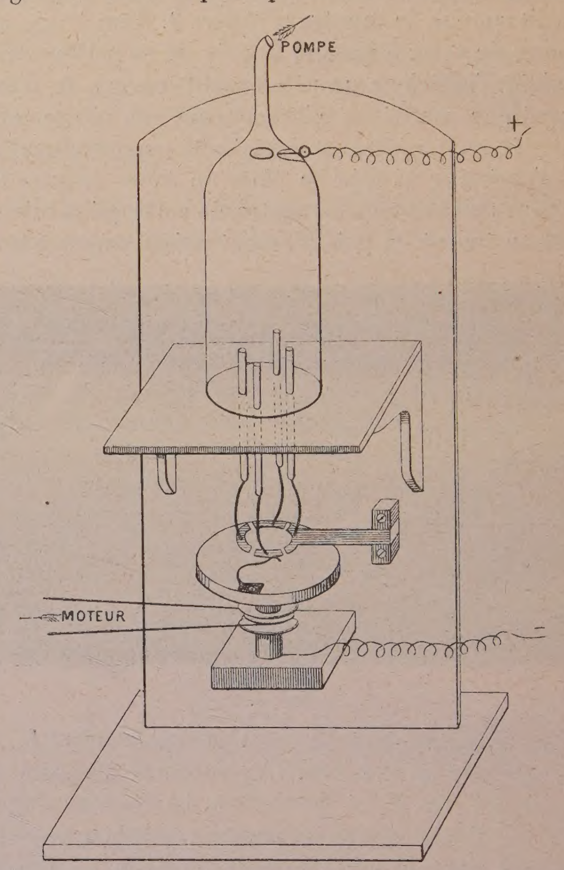


Fig. 12.

pôles négatifs à une seule extrémité et un seul pôle positif à l'autre. Au moyen d'un commutateur tournant je pus établir le contact électrique avec chacun des quatre pôles pendant la même durée (environ 6 secondes); dans ces conditions les variations de l'énergie affectent chaque métal de la même manière, pendant la durée de l'expérience, qui est de quelques heures.

Les différents métaux employés comme pôles négatifs offraient même surface active, parce qu'on avait eu soin de les faire passer à force par un même orifice circulaire pratiqué au travers d'une feuille de platine, et qu'on les avait mesurés pour leur donner une longueur égale. La dimension employée fut de 8 millimètres en diamètre, et 20 millimètres en longueur.

[1] Comme dans l'action produisant la volatilisation, la « chaleur » est concentrée seulement sur les couches superficielles des molécules. Le métal prend ou perd instantanément cette apparence de fer rouge suivant la direction du courant, montrant que, si l'apparence de chaleur est vraiment due à une élévation de température, elle ne pénètre pas beaucoup au-dessous de la surface. L'excès d'activité des molécules métalliques nécessaire pour les volatiliser, est, dans ces expériences, limité à la surface seule, ou bien la quantité entière s'évaporerait à la fois, comme lorsqu'un fil métallique est enflammé par la décharge d'une puissante bouteille de Leyde. Quand cet excès d'activité est produit par la chaleur artificielle, l'un de ses effets est l'émission d'une lumière rouge; de sorte qu'il n'est pas invraisemblable de penser que lorsque l'excès d'activité est produit par l'électricité, l'émission de lumière rouge devrait accompagner aussi la séparation des molécules de la masse. En la comparant à l'électricité, la chaleur est un agent ruineux pour produire la volatilisation, puisque la masse entière doit être élevée à la température requise pour produire une action à la surface seulement; or l'électrisation ne semble pas pénétrer beaucoup au-dessous de la surface.

De l'or métallique, fut employé comme témoin dans chaque expérience. Le même appareil me permit donc de comparer chaque fois trois métaux. La durée du temps pendant lequel le courant traversa le commutateur tournant fut de huit heures dans chaque expérience, ce qui donne ainsi deux heures d'électrisation pour chacune des quatre électrodes négatives. La pression fut telle qu'elle donna un espace obscur de 6 millimètres.

Les métaux fusibles comme l'étain, le cadmium et le plomb mis dans l'appareil sous forme de fils sont promptement dissous. Pour échapper à cette difficulté un pôle spécial fut inventé. Au fond de plusieurs tubes de porcelaine de 9 millimètres de diamètre, fut fixé un fil de fer de 8 millimètres de diamètre, dépassant d'environ 5 millimètres dessous. Les tubes étaient alors remplis jusqu'au bord du métal à essayer, et fixés dans l'appareil exactement de la même manière que les fils l'avaient été. Le diamètre intérieur des tubes pris au bord était de 7 millimètres; le métal négatif rempli à ras fut ainsi formé d'un disque de 7 millimètres de diamètre. Le pôle d'or, terme de comparaison, fut traité de la même manière; les nombres obtenus pour les métaux fusibles peuvent donc être comparés à l'or.

Le tableau suivant résume ces résultats, la volatilité de l'or étant égale à 100 :

Palladium	108.00
Or	100.00
Argent	82.68
Plomb	75.04
Etain	56.96
Laiton	51.58
Platine	44.00
Cuivre	40.24
Cadmium	31.99
Nickel	10.99
Iridium	10.49
Fer	5.50

Dans cette expérience des surfaces égales de chaque métal furent exposées au courant. En divisant les nombres ainsi obtenus par la gravité spécifique du métal, on obtient l'ordre suivant :

Palladium	9.00
Argent	7.88
Etain	7.76
Plomb	6.61
Or	5.18
Cadmium	3.72
Cuivre	2.52
Platine	2.02
Nickel	1.29
Fer	0.71
Iridium	0.47

Dans ces circonstances l'aluminium et le magnésium semblent non valatils en pratique.

L'ordre des métaux dans le tableau montre tout de suite que la volatilité électrique à l'état solide ne correspond pas à l'ordre des points de fusion, des poids atomiques, ou de n'importe quel autre point constant. L'expérience fut répétée avec quelques-uns des métaux typiques, et les nombres obtenus n'ont pas différé sensiblement de ceux donnés ci-dessus, démontrant ainsi que l'ordre n'est probablement pas faux.

On voit dans le tableau ci-dessus que la volatilité électrique de l'argent est élevée, tandis que celle du cadmium est basse. Dans les deux premières expériences, où l'argent et le cadmium furent employés, l'électrode négative de cadmium avait en 30 minutes perdu 7 grs. 152, tandis que l'électrode négative d'argent n'avait perdu en 1 h. 1/2 que 0 gr. 19. Cette contradiction apparente est facilement expliquée par le fait (noté déjà dans le cas du cadmium) que le maximum d'évaporation, dû à un trouble électrique, a lieu lorsque le métal est au point de liquéfaction ou au voisinage. S'il était possible de former un pôle négatif *in vacuo* d'argent fondu, alors la quantité volatilisée dans un certain temps serait probablement très supérieure à celle du cadmium.

L'or s'étant montré facilement volatil sous l'influence du courant électrique, une expérience fut faite en vue de produire une plus grande quantité du métal volatilisé. Un tube, ayant à une extrémité un pôle négatif composé d'un poids de fils d'or pur, et un pôle d'aluminium à l'autre extrémité, fut épuisé et le courant de la bobine d'induction dirigé dessus, rendant la brosse d'or négative ; je trouvai que la résistance augmentait considérablement à mesure que les parois se couvraient de métal, de telle sorte que pour permettre au courant de passer, il fallait introduire de l'air au bout d'un instant, en abaissant la jauge de 1/2 millimètre.

Le poids de la brosse avant l'expérience était de 35 grs. 4940. Le courant d'induction fut maintenu sur le tube pendant 14 h. 1/2; au bout de ce temps le tube fut ouvert et la brosse retirée. Elle pesait alors 32 grs. 5613, indiquant une perte de 2 grs. 9327. On chauffa légèrement et alors le dépôt nuageux de l'or peut être facilement retiré des parois du tube sous la forme d'une feuille très brillante. Après la volatilisation électrique le résidu du morceau d'or fut examiné au microscope : il occupait 1/4 de la lamelle de verre, son aspect rappelait un dépôt électrolytique, il était pointillé d'un grand nombre de petites cavités.

Cette expérience sur la volatilisation de l'or ayant produit de bonnes membranes cohérentes de ce métal, une autre expérience fut essayée en employant une brosse de platine comme électrode négative. En se reportant au tableau, on voit que

la volatilité électrique du platine est beaucoup plus basse que celle de l'or; je pensai néanmoins qu'en prenant plus de temps, une quantité de métal suffisante pour être recueillie hors du tube pourrait être volatilisée.

Le vide fut poussé dans le tube au point de donner un espace obscur de 6 millimètres. Je trouvai, comme pour l'or, que lorsque le métal se déposait sur le verre, la résistance augmentait rapidement, mais à un degré plus marqué. Le gaz restant dans le tube semblait absorbé à mesure que le dépôt augmentait. Pour réduire le vide, il fut nécessaire d'introduire un peu d'air, environ toutes les 30 minutes. Cela semble montrer que le platine était déposé sous forme poreuse avec grand pouvoir de condenser le résidu gazeux.

Si l'on chauffait le tube lorsque de cette manière il était impuissant à conduire, il laissait cependant un passage de gaz suffisant pour diminuer la jauge de la pompe de 1 millimètre, et pour réduire le vide de façon à donner un espace obscur d'environ 3 millimètres. Ce gaz ne fut pas réabsorbé pendant le refroidissement ; mais le courant passant encore pendant 10 minutes, le tube refusa encore de conduire, par suite de l'absorption. Le tube fut de nouveau chauffé : mais il y eut dégagement de gaz beaucoup moindre qu'avant, et cette fois le tout fut réabsorbé pendant le refroidissement.

Le courant fut maintenu dans ce tube pendant 25 heures; il fut ensuite ouvert, mais je n'ai pu recueillir le dépôt que par petits morceaux : il était fragile et poreux.

En pesant la brosse qui avait servi de pôle négatif, j'obtins les résultats suivants :

	Grains
Poids en platine avant l'expérience.....	10,1940
— après l'expérience........	8.1570
Perte par la volatilisation en 25 heures........	2,0370

Une autre expérience, semblable à celle de l'or et du platine, fut faite, mais en employant l'argent comme pôle négatif, le métal pur étant formé d'une brosse de fils fins. Moins de gaz fut introduit au cours de cette expérience que précédemment dans le cas du platine. L'argent se comporta comme l'or; le dépôt du métal fut léger, et le vide fut maintenu à un espace obscur de 6 millimètres par l'admission occasionnelle d'un courant d'air. En 20 heures presque 3 grains d'argent furent volatilisés. Le dépôt d'argent fut détaché du verre sans difficulté sous forme de feuilles brillantes.

W. Crookes,
De la Société royale de Londres.

L'IRRITABILITÉ DES SPERMATOZOAIRES

ET LES CAUSES DE LEUR PÉNÉTRATION DANS L'ŒUF

Les manifestations vitales que présente un organisme quelconque peuvent être rangées en trois catégories. A la première catégorie se rattachent tous les actes qui déterminent ou influencent directement l'échange de matière pondérable entre l'être vivant et le milieu qui l'entoure; ces actes assurent la *nutrition* de l'organisme ; ils consistent essentiellement en réactions chimiques. A la deuxième catégorie appartiennent toutes les opérations qui mettent l'être vivant en relation soit avec le monde extérieur, soit avec son propre milieu intérieur, tout ce qui concourt à lui révéler ce qui se passe en lui et hors de lui; l'ensemble de ces manifestations est basé sur une propriété fondamentale, l'*irritabilité*, dont la mise en jeu dépend surtout de phénomènes physiques. Enfin, une troisième catégorie comprend les manifestations vitales qui ont pour objet la *reproduction*.

De ces trois fonctions, les deux premières sont absolument nécessaires pour la conservation de l'individu. Que l'une d'elles vienne à disparaître, par ce fait même l'autre sera suspendue. Si les réactions chimiques qui sont la base de la nutrition ne se produisent plus, le dégagement de force cessera aussitôt et en supposant même que l'organisme puisse encore sentir, il ne sera certainement plus capable de réagir. Inversement, si l'irritabilité est anéantie, si l'organisme n'a plus conscience ni de lui-même, ni du monde extérieur, tous les échanges nutritifs seront également enrayés.

Lorsqu'une excitation appropriée, qu'elle soit externe ou interne, agit sur une cellule vivante placée dans des conditions normales d'existence, elle donne lieu à une manifestation toujours identique. Par exemple, la Pholade dactyle rétracte son siphon chaque fois qu'on modifie brusquement l'intensité de la lumière incidente. [1] Aussi longtemps que les autres conditions de milieu restent les mêmes, on constate qu'une modification donnée amène toujours la même rétraction. Ce mouvement est tout aussi fatal que le dégagement d'anhydride

[1] R. Dubois. *Nouvelle théorie du mécanisme des sensations lumineuses.* N° du 15 avril 1890 de cette *Revue*.

carbonique qui s'opère lorsqu'on verse un acide sur un carbonate. Mais s'il est vrai qu'à une excitation répond toujours une réaction, on peut affirmer avec la même certitude la proposition inverse : pour qu'une manifestation vitale se produise il faut qu'elle ait été provoquée par une excitation préalable; *la spontanéité n'existe pas*.

Les causes qui provoquent des réactions de la part des êtres vivants sont nombreuses et variées : telles sont la lumière, l'électricité, la chaleur, la pesanteur ou bien encore les vibrations sonores, la pression, les propriétés chimiques des corps, le degré de concentration des solutions, etc. Un de ces excitants, pris isolément, n'agit pas nécessairement sur tous les organismes. Ainsi, les vibrations sonores qui sont perçues par la plupart des animaux, n'ont aucun effet appréciable sur les plantes ou sur les organismes inférieurs.

I

Les fonctions qui ont pour objet la conservation de l'espèce ne peuvent s'accomplir qu'avec la coopération de la nutrition et de l'irritabilité. Parmi les actes fonctionnels qui assurent la reproduction, il en est un qui a été très peu étudié jusqu'à présent et qui est pourtant d'un intérêt capital au point de vue du but à atteindre : nous voulons parler de l'irritabilité des éléments mâles et en particulier des spermatozoaires. Ceux-ci ont d'ordinaire à franchir une distance considérable avant d'arriver au contact de l'œuf. Leur irritabilité peut seule les guider dans ce trajet.

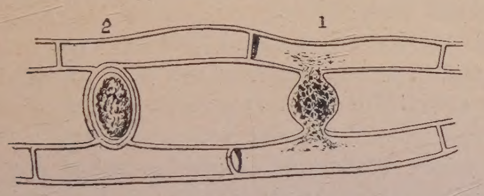


Fig. 1. — Conjugaison chez le *Mesocarpus parvulus*. — 1. Les deux corps protoplasmiques cheminant l'un vers l'autre et se fusionnant dans le conduit de conjugaison des deux cellules en présence. — 2. L'œuf entièrement formé et entouré d'une membrane solide. Il reste entre les deux filaments (d'après de Bary).

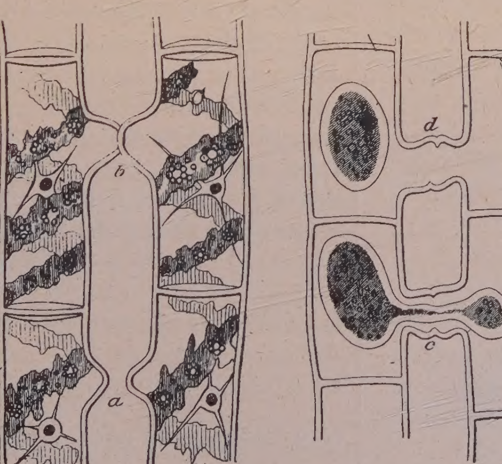


Fig. 2. — Conjugaison de deux filaments de *Spirogyra longata*. — 1. Les cellules présentent encore leur aspect ordinaire. On y voit la bande chlorophyllienne et le noyau; *a*, début de la formation des saillies; *b*, les deux saillies se touchent. — 2. Les corps protoplasmiques se sont rétractés et forment des masses allongées; *c*, l'une des cellules traverse le conduit de conjugaison dont la paroi intermédiaire est résorbée; *d*, la conjugaison est accomplie. — 3. Deux œufs entièrement développés et entourés d'une membrane. Les canaux de conjugaison qui rattachaient ce filament à son voisin se sont rompus (d'après Sachs).

Chez les organismes les plus inférieurs la reproduction proprement dite manque souvent. Ils ne présentent jamais la fusion de deux cellules. La conservation de l'espèce repose uniquement sur la multiplication agame. Chez d'autres, on voit apparaître, à un moment donné de leur existence, des cellules destinées à se conjuguer deux à deux. Mais ces éléments reproducteurs ou *gamètes* sont égaux. On ne peut pas distinguer parmi eux des gamètes mâles et des gamètes femelles. Ainsi, chez certaines algues, telles que les *Mésocarpes* (fig. 1), deux cellules appartenant à des filaments voisins poussent chacune une protubérance; les deux saillies qui en résultent se dirigent l'une vers l'autre. Lorsqu'elles se touchent, la cloison intermédiaire qui les sépare se détruit et les deux corps protoplasmiques se fusionnent; l'œuf est formé. Les deux cellules qui sont venues se confondre pour constituer un œuf fécondé ont fait chacune la moitié du chemin.

Dans un genre voisin la *Spirogyre* (fig. 2, *c*.), l'un des corps protoplasmiques reste en place et l'autre vient le rejoindre après avoir parcouru à lui seul la distance qui sépare les deux cellules. Dès ce moment un premier pas est accompli vers la différenciation sexuelle. Par analogie avec ce que l'on constate chez les organismes plus élevés de la série, on peut appeler femelle la cellule immobile; l'autre, qui s'est engagée seule dans le canal de conjugaison, représente l'élément mâle. Morphologiquement les deux cellules se valent; mais physiologiquement une légère différenciation sexuelle s'est établie entre elles.

A côté de ces exemples où les cellules reproductrices restent attachées à la plante adulte, on pourrait en citer beaucoup d'autres où les gamètes sont égaux, mais libres. Chez certaines *Volvocinées* (fig. 3, 1), les gamètes sont pourvues de deux cils à l'aide desquels elles nagent librement dans le liquide. Lorsqu'elles se rencontrent, elles se conjuguent deux à deux, puis leurs cils disparaissent et l'œuf ainsi formé s'entoure d'une membrane résistante (fig. 3, 2, 3 et 4).

La distinction entre les gamètes femelles et les gamètes mâles s'accentue de plus en plus à mesure qu'on s'adresse à des organismes plus perfectionnés. Chez la plupart des plantes et des animaux,



Fig. 3. — Conjugaison des gamètes du *Pandorina Morum*. — 1. Deux gamètes pourvues de deux cils et d'une tache pigmentaire. — 2. Les deux gamètes fusionnées. — 3. Les cils ont disparu. — 4. L'œuf ayant atteint ses dimensions définitives et pourvu d'une membrane dure (d'après Pringsheim).

l'œuf est volumineux et contient une grande quantité de substances nutritives destinées au futur embryon; de plus, il est immobile. L'élément mâle est beaucoup plus petit, et *il va à la recherche de l'œuf*. C'est ici que doit intervenir son irritabilité. Comment celle-ci pourra-t-elle avertir l'élément mâle de la présence et de la situation de l'œuf? Quel est l'excitant vis-à-vis duquel le spermatozoïde réagit pour se diriger vers l'œuf et pour pénétrer ensuite dans son intérieur? Ce problème ne peut être résolu qu'en étudiant la sensibilité de ces cellules.

Les recherches faites jusqu'à présent n'ont porté que sur les spermatozoïdes des fougères, des sélaginelles, des mousses, des varechs, de la blatte et de la grenouille.

II

L'œuf des fougères (fig. 4, 2) et des sélaginelles est logé au fond d'une cavité qui communique avec

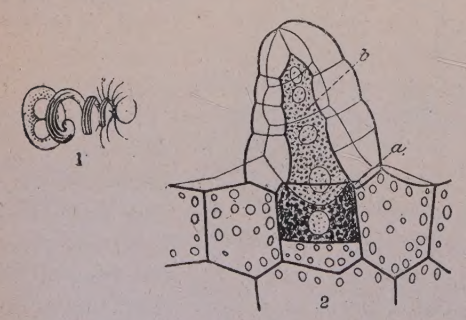


Fig. 4. — Organes reproducteurs de fougères. — 1. Spermatozoïde d'*Adiantum Capillus Veneris* (d'après Sachs). — 2. Organe sexuel femelle très-jeune. L'œuf (*a*) est encore peu développé; les cellules du col ne sont pas encore gélifiées. Le col lui-même est encore fermé à son extrémité (d'après Strasburger).

l'extérieur par un col rempli d'une substance mucilagineuse. Les spermatozoïdes (fig. 4, 2), ont la forme d'un cône très effilé et enroulé en spirale. Le sommet du cône correspond à l'extrémité de la spirale; il est dirigé en avant pendant la progression et porte de nombreux cils dont les battements font mouvoir la cellule spermatique.

Lorsque dans l'eau, où nagent les spermatozoïdes, on introduit un mince tube capillaire de verre contenant une solution diluée d'acide malique ou d'un malate, ces corps diffusent lentement et il se forme tout autour de l'orifice une série de sphères virtuelles concentriques, correspondant à des zônes où la dilution est de plus en plus grande. Au moment où un spermatozoïde pénètre dans les sphères de diffusion, il modifie brusquement sa course; il se place de telle sorte que l'axe de son corps soit disposé normalement à la surface des sphères, l'extrémité antérieure étant dirigée vers l'orifice du tube. Il se remet aussitôt à nager, et sa direction restant la même, il est amené nécessairement vers le tube capillaire dans lequel il finit par s'introduire.

M. Pfeffer [1], à qui sont dues ces expériences, a pu établir que le mucilage qui emplit la cavité où est enfoui l'œuf est imprégné d'acide malique. L'expérience dont nous venons de rendre compte est donc conforme à la réalité même et l'on comprend maintenant pourquoi les spermatozoïdes des fougères se fraient un passage à travers la masse mucilagineuse pour arriver à l'œuf.

L'auteur ne s'en est pas tenu là. Il a déterminé quelle est la solution minime qui suffit à exercer sur les spermatozoïdes une attraction bien évidente, il l'a trouvée voisine de 1/100.000.

M. Pfeffer a étudié aussi le rapport entre l'excitation et la réaction. Lorsque les organismes nagent dans une solution d'acide malique telle que sa concentration soit égale à celle que contient le tube capillaire, ils ne manifestent aucune tendance à pénétrer dans ce dernier. Pour que l'attraction ait lieu, il faut que la solution placée à l'intérieur du tube soit 30 fois plus concentrée que celle qui se trouve à son pourtour. Ce rapport se maintient, quelle que soit la *concentration absolue* des liquides mis en présence. Ainsi pour qu'il y ait attraction,

la sol. extér.	étant à	0.0005 %,	celle du tube	doit être à	0,015 %
—	—	0.001	—	—	0,03 —
—	—	0.01	—	—	0,3 —
—	—	0.05	—	—	1,5 —

Ces résultats sont absolument conformes à ceux que fait prévoir la loi psycho-physique de Weber. La valeur de cette loi n'avait encore été vérifiée

[1] W. Pfeffer. *Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize*. Unters. a. d. bot. Institut zu Tübingen. — Bd 1. S. 363.

jusqu'alors que pour la sensibilité de l'homme; les expériences de M. Pfeffer ont affirmé de la façon la plus décisive l'analogie existant entre l'irritabilité de l'homme et celle de ces êtres si éloignés de lui.

Chez les mousses, l'œuf (fig. 5, 2), se trouve dans une cavité pourvue d'un col beaucoup plus long que celui des cryptogames vasculaires et renfermant également une bourre mucilagineuse. Les spermatozoïdes (fig. 5, 1), ne portent à leur extrémité antérieure que deux cils vibratils. Le mucilage qui entoure l'œuf dégage de la saccharose et c'est ce dernier corps qui agit comme excitant vis-à-vis des spermatozoïdes. M. Pfeffer a répété sur ceux-ci toutes les recherches qu'il avait faites sur les cellules mâles des fougères; il a constaté qu'ils ne pénètrent dans les tubes capillaires que lorsque la solution de saccharose y est 50 fois plus concentrée qu'en dehors.

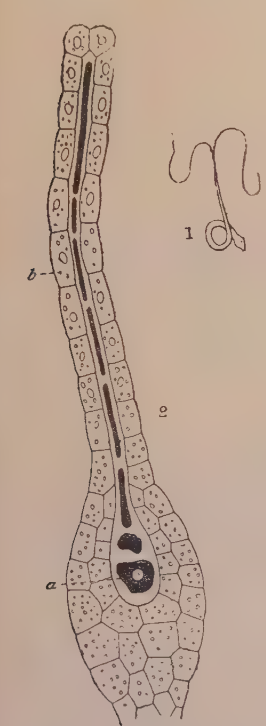


Fig. 5. — Organes reproducteurs du *Funaria hygrometrica*. — 1. Spermatozoïde. — 2. Organe sexuel femelle très jeune; l'œuf (*a*) est en communication avec l'extérieur par un col très long (*b*) et rempli de mucilage. Les cellules terminales de la paroi du col ne se sont pas encore séparées pour permettre l'accès des spermatozoïdes (d'après Sachs).

C'est donc la présence dans le liquide ambiant de certaines substances chimiquement définies qui guide vers l'œuf à féconder les spermatozoïdes des fougères, des sélaginelles et des mousses. Lorsque les éléments mâles s'engagent dans un milieu tenant en dissolution l'une de ces matières, l'axe de leur corps s'oriente de telle façon que le pôle antérieur soit dirigé vers les régions les moins diluées du liquide. Il s'agit évidemment ici d'une réaction de l'organisme contre la sensation produite par la présence de cette solution et non pas d'une action directe de la solution sur les mouvements du spermatozoïde. Or, chez les plantes que nous avons passées en revue, la dissolution de substance excitante, acide malique ou saccharose, est à son maximum de concentration au niveau de l'œuf : les spermatozoïdes nagent donc nécessairement vers l'œuf.

Cette même sensibilité vis-à-vis des propriétés chimiques des corps se retrouve, en dehors des cellules reproductrices, chez un grand nombre d'organismes inférieurs, flagellates, bactéries, etc., ainsi que chez les globules blancs du sang de beaucoup de Vertébrés. Elle présente, du reste, la plus grande analogie avec la sensibilité gustative et la sensibilité olfactive.

III

Chez les organismes qui nous restent à examiner, la conjugaison de l'élément mâle avec l'élément femelle repose sur un genre d'irritabilité tout différent. Les premières recherches ont été faites sur la blatte par M. Dewitz [1]. Il dilue le sperme de cet insecte dans du chlorure de sodium à 0,8 ou 0,9 0/0, en dépose une goutte sur un porte-objet et la recouvre d'une lamelle de verre. L'examen microscopique montre que les spermatozoïdes sont d'abord également répartis et qu'ils nagent en tous sens. Mais chaque fois que l'un deux vient buter contre la surface du porte-objet ou du verre-couvreur, il ne s'en éloigne plus : il se met à exécuter des mouvements de manège; il tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre, tout en restant appliqué contre la surface du verre. Au bout d'un temps variable, toutes les cellules sont dans le voisinage immédiat de l'un des verres et la portion moyenne de la goutte n'en renferme plus. Lorsqu'on ne recouvre pas la goutte, on constate que les spermatozoïdes viennent évoluer contre la surface libre du liquide aussi bien qu'au contact du porte-objet.

Ces expériences, et d'autres encore, prouvent que les gamètes mâles de la blatte sont sensibles à la pression [2] : ils sentent non seulement la résistance du verre, mais encore la résistance beaucoup plus faible que leur oppose la surface libre des liquides. Les forces moléculaires créent à la surface libre des liquides une *tension* en vertu de laquelle un corps plongé dans le liquide éprouve une certaine résistance pour passer au travers de la couche *superficielle*. Cette couche peut être comparée à une membrane tendue. Les expériences de M. Dewitz montrent que les spermatozoïdes de la blatte sentent cette résistance et qu'ils réagissent comme s'ils se trouvaient au contact d'un corps solide. La réaction tactile consiste chez eux à se déplacer dans un sens déterminé tout en se maintenant en contact intime avec l'excitant.

L'œuf de la blatte est entouré d'une membrane dure perforée de part en part en un grand nombre d'endroits. Ces micropyles ont la forme d'un cône creux dont la base correspond à la surface externe de la coque et le sommet à la surface interne. L'axe du cône est oblique et disposé de telle sorte

[1] J. Dewitz, *Ueber Gesetzmässigkeit in den Ortsveränderungen der Spermatozoen und in der Vereinigung derselben mit dem Ei*. Pflüger's Archiv. Bd 38, S. 358.

[2] L'expérience a été variée pour éliminer l'influence de l'air extérieur (*N. de la Réd.*).

que l'ouverture regarde vers le pôle postérieur de l'œuf. Les spermatozoïdes qui nagent sur la membrane s'engagent dans l'un ou l'autre des nombreux micropyles qu'ils rencontrent, les traversent et arrivent ainsi à l'œuf.

Pour les spermatozoïdes de la grenouille, les choses sont un peu plus compliquées. D'après mes observations[1] ils s'accolent comme ceux de la blatte aux corps solides ainsi qu'à la surface libre de l'eau. Mais l'expérience suivante montre qu'ils présentent une particularité de plus : lorsqu'on les fait nager dans une goutte mince et non recouverte, ils s'accumulent à la périphérie et tournent leur extrémité antérieure vers le bord extrême de la goutte. Il existe là un angle formé d'une part par la lame de verre et d'autre part par la surface du liquide. Les éléments reproducteurs y sont donc en rapport avec deux excitants à la fois. On peut en conclure que les spermatozoïdes de la grenouille se mettent en contact avec les objets résistants par le plus grand nombre possible de points de leur surface.

Au moment de la ponte, l'œuf est entouré d'une mince membrane de substance visqueuse qui ne tarde pas à s'imprégner d'eau et à atteindre un volume considérable. Le gonflement de cette gelée commence nécessairement par la surface ; il en résulte qu'aussi longtemps que l'augmentation de volume se poursuit, les molécules solides sont plus rapprochées dans les couches profondes, où l'eau n'est encore arrivée qu'en minime quantité, que dans les couches superficielles où l'hydratation est complète. Les spermatozoïdes qui s'engagent dans les couches molles de l'extérieur cherchent à mettre un nombre de plus en plus considérable de points de leur corps en rapport avec les molécules solides et résistantes, et comme la densité des couches augmente à mesure qu'elles sont plus proches de l'œuf, les spermatozoïdes pénètrent de plus en plus profondément. Aussi voit-on un grand nombre de ces éléments s'introduire dans la gelée pour se diriger ensuite en ligne droite vers l'œuf à féconder. Les plus forts et les plus actifs atteignent seuls le but, tandis que les autres s'arrêtent épuisés ; ainsi s'établit une véritable sélection.

Les spermatozoïdes de la grenouille s'introduisent aussi dans de petits fragments isolés de la gelée qui revêt l'œuf ainsi que dans la matière mucilagineuse des graines de lin et de coing. Mais, on le constate aisément, la pénétration ne s'effectue qu'aussi longtemps que ces substances sont dans la période de gonflement. Une fois que l'hydratation est achevée, plus aucun spermatozoïde ne s'y engage : ils ne rencontrent plus de zones où l'excitation devient de plus en plus forte, et la réaction tactile n'a plus l'occasion de se manifester. Ceci explique aussi pourquoi les œufs de la grenouille ne sont aptes à la fécondation que pendant la demi-heure qui suit la ponte ; en effet, au bout de ce temps, la gelée a atteint son volume définitif et les molécules solides sont partout également distantes.

IV

De même que chez la grenouille, l'œuf et le spermatozoïde des varechs sont plongés dans l'eau et cessent d'avoir aucun rapport avec l'organisme adulte. Le *Fucus serratus*, que j'ai eu l'occasion

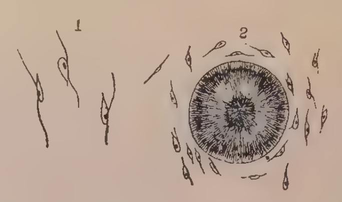


Fig. 6. — Cellules sexuelles de varech. — 1. Spermatozoïdes. 2. Œuf entouré de spermatozoïdes (d'après Thuret).

d'étudier[1], a des spermatozoïdes pointus en avant et renflés en arrière (fig. 6, 1). Ils présentent deux cils : l'un antérieur, dont les battements déterminent la translation de la cellule, l'autre postérieur qui paraît servir de gouvernail pendant la natation. Lorsque ces spermatozoïdes rencontrent une surface résistante quelconque, leur sensibilité tactile est mise en jeu, et ils s'attachent par le cil postérieur, tandis que l'antérieur continue à exécuter de rapides mouvements oscillatoires.

L'œuf des varechs (fig. 6, 2) est très volumineux, mais on voit parfois s'y attacher un tel nombre de spermatozoïdes, qu'il est entraîné en son entier. Il nous paraît hors de doute que la réaction tactile des éléments sexuels mâles du varech intervient d'une façon active dans le rapprochement sexuel.

La sensibilité tactile des cellules isolées est loin d'être propre aux spermatozoïdes. On la rencontre chez la plupart des protistes ainsi que chez les globules blancs de tous les animaux que nous avons examinés à ce point de vue.

Pour résumer les conclusions auxquelles nous conduisent les observations qui précèdent, nous dirons que l'irritabilité des spermotozoaires se manifeste de deux manières : certains d'entre eux (fougères, sélaginelles, mousses) sont sensibles aux propriétés chimiques de substances déterminées

[1] Sur l'irritabilité des spermatozoïdes de la grenouille (*Bull. Acad. Sc. Belg.* 1888) et sur la pénétration des spermatozoïdes dans l'œuf de la grenouille (*Ibidem.* 1889).

[1] La Sensibilité tactile chez les organismes inférieurs (Note présentée à la Société royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, le 1er décembre 1890.)

qui sont sécrétées dans le voisinage immédiat de l'œuf; d'autres (blatte, grenouille, varech) sont sensibles à la pression exercée par un corps résistant. Les réactions qui résultent du premier mode d'excitation interviennent pour amener vers l'œuf les spermatozoïdes épars dans l'eau ambiante; comme ces substances agissent en vertu de leur diffusion dans le liquide, leur influence se fait sentir au loin Il n'en est pas de même pour les réactions tactiles : celles-ci ne peuvent que maintenir les spermatozoïdes au contact de l'œuf et les y faire pénétrer; mais elles sont incapables de les attirer de loin dans la direction voulue pour assurer la fécondation.

Jean Massart,
Docteur ès sciences
de l'Institut Solvay (Université de Bruxelles).

LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES MÉTAUX

Les services si variés que les métaux et leurs alliages rendent dans les arts et dans l'industrie tiennent à certaines propriétés remarquables : leur *ténacité* les rend propres à résister sous un faible volume à des efforts mécaniques considérables; leur *malléabilité* permet de les travailler et de les amener, soit par laminage ou étirage, à des formes géométriques telles que tôles, tubes, fils, etc., soit par forgeage à des formes plus compliquées, telles que les pièces des machines.

Ces propriétés mécaniques sont non seulement très différentes d'un métal à l'autre, mais peuvent aussi pour un même métal éprouver des variations étendues sous l'influence de divers facteurs dont les trois principaux sont :

1° L'*état physique*, qui dépend des opérations antérieures subies par le métal : fusion, forgeage, trempe, recuit, dont les unes modifient surtout son état cristallin et se manifestent par des aspects particuliers de sa cassure, ce que l'on appelle *le grain*. Les autres modifient surtout sa densité, en produisant ou détruisant l'*écrouissage;*

2° *La température;*

3° *La présence de petites quantités de matières étrangères.*

Malgré leur complexité apparente, les variations des propriétés mécaniques des métaux sont soumises à certaines lois générales qui permettent de les rattacher à quelques idées simples et dont la connaissance facilite l'interprétation des faits que l'on observe sur tel ou tel métal en particulier. C'est à ce point de vue que nous nous placerons, nous proposant d'exposer les principales de ces lois telles qu'elles résultent directement de l'expérience.

I. — Nature des essais

Le mode d'expérimentation à la fois le plus simple et le plus précis pour étudier les métaux est l'essai de traction sur fils; il donne des résultats comparables à ceux des essais usuels qui se font sur des barreaux de 10 millimètres à 20 millimètres de diamètre; seulement le métal à l'état de fil possède, en raison du travail très complet qu'il a subi, les valeurs maxima de ténacité et de ductilité dont il est susceptible, valeurs qui sont légèrement supérieures à celles du métal forgé ou laminé en pièces plus épaisses.

Eléments fournis par l'essai de traction. — Quand on soumet une tige métallique à des efforts de traction, on observe d'abord une période dite d'*élasticité parfaite* pendant laquelle les allongements sont proportionnels aux efforts (*allongement élastique*) et disparaissent quand on supprime ceux-ci. Cette période dure jusqu'à une certaine valeur de la charge appelée *limite élastique*. Quand on a dépassé la limite élastique, une partie de l'allongement subsiste si l'on vient à supprimer l'effort (*allongement permanent*); l'allongement permanent croît plus rapidement que la charge, et celle-ci finit par atteindre une valeur qu'elle ne peut dépasser; c'est l'effort maximum que peut supporter le barreau d'essai ou *charge de rupture*. Jusqu'alors le barreau a pris sur toute sa longueur un allongement uniforme (*allongement proportionnel*). Mais si l'on poursuit l'essai, l'allongement se localise en un point où prend naissance un étranglement (*striction*) qui s'accentue jusqu'à la rupture : c'est la période de striction pendant laquelle la charge va sans cesse en décroissant. La valeur de cet *allongement local* dépend de la section du barreau; aussi *l'allongement total* à la rupture, somme des allongements proportionnel et local, ne conserve la même valeur que pour des barreaux géométriquement semblables. Quand on opère sur des fils, l'allongement local est négligeable et l'allongement total à la rupture est égal à l'allongement proportionnel ci-dessus défini.

L'essai de traction fournit un autre élément des plus importants, l'*allongement de striction;* c'est l'allongement que prendrait la barre si elle avait en tous ses points la même section que dans la striction. Sa valeur est définie par le rapport $\frac{S - S'}{S'}$, S représentant la section primitive, et S' la sec-

tion de rupture. Cet allongement de striction peut prendre des valeurs énormes, supérieures à 1.000 % alors que l'allongement proportionnel ne dépasse pas en général 50 0/0 pour les métaux simples et 70 % pour les alliages. En voici quelques exemples :

Étain à 15°	22000 %	mesurés sur des fils
Plomb à 15°	3000 %	—
Aluminium à 400°	2000 %	—
Acier doux à 800°	6300 %	barreau de 16mm

L'importance de l'allongement de striction résulte de ce qu'il définit la déformation maxima que le métal peut éprouver, celle qui dans la flexion ou sous l'action d'un choc local se produira au point le plus fatigué. En un mot, il donne la mesure de la *ductilité* du métal.

En dehors des propriétés mécaniques que nous venons de définir, il en est encore une d'une importance capitale au point de vue pratique, mais qui n'est malheureusement pas susceptible de mesures précises dans les essais, et pour ce motif n'est généralement pas l'objet d'une attention assez sérieuse : c'est la *fragilité*.

Un métal, donnant un certain allongement à l'essai de traction, est susceptible de se briser sans déformation sensible dans diverses circonstances ; ainsi s'il existe une amorce de fente, celle-ci se propagera sous l'influence de chocs ou de vibrations, même très faibles. Mais, même s'il n'existe pas d'amorce de fente, la rupture sans déformation pourra se produire sous l'action répétée de vibrations de chocs, ou même simplement d'efforts alternatifs agissant avec une certaine vitesse. C'est ainsi que périssent beaucoup de pièces de machines, les essieux de chemins de fer, les rails, etc.

II. — Influence du grain.

Les métaux et la plupart de leurs alliages sont cristallisés; mais les dimensions et les formes des cristaux qui les constituent sont très variables. Dans les métaux simplement fondus le grain est en général assez grossier; les cristaux sont, comme dans toutes les cristallisations, d'autant plus gros que le refroidissement, et, par suite, leur formation ont été plus lents. Le forgeage, le laminage ou l'étirage fragmentent les cristaux, modifient leurs formes et rendent le grain de plus en plus fin. Pour certains métaux, l'acier en particulier, la trempe suivie de recuit [1] est un des procédés les plus énergiques pour réduire le grain. Nous verrons enfin qu'un chauffage à température trop élevée peut au contraire altérer le grain en tendant à ramener le métal à l'état où il se trouvait après simple fusion.

On conçoit, et c'est un fait établi par l'expérience, que, de la grosseur du grain dépendent toutes choses égales d'ailleurs, l'effort que le métal supportera et la déformation qu'il éprouvera avant de se rompre ; plus le grain est fin, plus la ténacité est considérable, et plus aussi est grand l'allongement de striction. Par exemple le bronze d'étain moulé en sable donne une charge de rupture de 15k à 20k avec allongement de 5 à 10 % sans striction; la coulée en coquille, qui donne un grain plus fin, lui permet d'atteindre 25 à 30k avec 40 % environ; enfin tréfilé en fil fin, il donne 35k avec un allongement proportionnel de 65 % et un allongement de striction de 150 %. Au contraire les propriétés mécaniques des métaux qui, même coulés en sable, ont un grain très fin, sont relativement peu modifiées par le moulage en coquille, le laminage ou l'étirage; tel est le cas des bronzes et laitons d'aluminium.

Le grain a une influence encore plus grande sur la fragilité. Celle-ci croît très rapidement avec la grosseur du grain. C'est pour ce motif que les pièces en acier moulé sont inutilisables tant qu'on ne leur a pas fait subir des opérations de trempe et de recuit pour améliorer leur grain.

L'allongement de striction, dépendant dans une large mesure, comme nous l'avons dit, de la nature du grain, donne des indications précieuses sur la fragilité.

III. — Écrouissage.

Un métal de limite élastique L, c'est-à-dire susceptible de déformation permanente sous l'action d'une force infiniment peu supérieure à L, ne peut plus, après avoir été déformé d'une quantité finie, prendre une nouvelle déformation permanente que sous l'action de forces supérieures à L d'une quantité finie. En un mot, il possède une nouvelle limite élastique L' supérieure à L ; on dit qu'il s'est *écroui*.

L'écrouissage est nul quand la limite élastique est égale à zéro [1].

L'expérience montre que la valeur de l'écrouissage est déterminée par celle de la déformation permanente subie à partir de l'état initial d'écrouissage nul et semble indépendante des conditions,

[1] La trempe modifie non seulement le grain de l'acier, mais aussi sa nature chimique et son état d'écrouissage ; de la superposition de ces trois causes résultent des modifications considérables des propriétés de l'acier, qui ne peuvent être attribuées à l'influence exclusive du grain, et qui subsistent plus ou moins complètement suivant la nature du recuit dont la trempe est en général suivie.

[1] Il ne semble pas possible de ramener tous les métaux à l'état d'écrouissage nul. On n'y parvient en pratique que pour les métaux simples et purs : cuivre, argent, nickel, etc. ; le fer et l'acier, ainsi qu'un certain nombre d'alliages, conservent toujours une limite élastique assez élevée, quelque traitement qu'on leur ait fait subir.

dans lesquelles a été produite cette déformation (effort lent, rapide, ou choc), ainsi que des procédés employés pour la réaliser (traction, compression ou tréfilage). Parmi ces procédés, le tréfilage est celui qui permet le mieux d'obtenir des déformations bien définies et, par suite, se prête le mieux à l'étude de l'écrouissage.

L'écrouissage, élevant la limite élastique, fait en même temps croître l'effort de rupture, qui, plus facile à mesurer que la limite élastique, peut avantageusement être employé pour définir l'écrouissage.

Limite de l'écrouissage. — La valeur de l'écrouissage croît avec la grandeur de la déformation; mais elle croît moins vite et *reste limitée quand celle-ci croît indéfiniment.*

Voici comme exemple des résultats obtenus en tréfilant un fil de cuivre d'écrouissage initial nul et mesurant sa charge de rupture, après chaque passe à la filière; les allongements ont été calculés par la diminution éprouvée par le diamètre :

Diamètre		Allongement % au tréfilage A	Charge de rupture R
1m/m	état inital	0	25 kg.
0.67		122	43
0.35		720	50
0.29		1080	51
0.20		2400	51

La limite de l'écrouissage n'est, en réalité, atteinte que pour une déformation indéfinie; mais elle l'est en pratique pour une déformation plus ou moins grande suivant la nature du métal; elle correspond :

Pour le Nickel à	A = 2000 %	R = 105 kg.
Cuivre rosette	= 1100	= 51
Aluminium	= 300	= 25
Cadmium		= 5
Plomb		= 1

L'écrouissage, en élevant la limite élastique, réduit jusqu'à zéro l'allongement proportionnel; il diminue en même temps quoique moins rapidement l'allongement de striction.

Le phénomène le plus saillant de l'écrouissage est donc ce fait, que sa valeur reste limitée quand la déformation qui lui donne naissance croît indéfiniment. Nous allons en trouver l'explication dans l'étude du recuit.

IV. — Recuit

Si un métal, possédant une limite élastique L et une charge de rupture R, est porté pendant un certain temps à une température T' supérieure à T, il n'a plus, une fois ramené à la température T, qu'une limite élastique inférieure à L et une charge de rupture inférieure à R. On dit qu'il est *recuit.*

Le recuit est la destruction de l'écrouissage par la chaleur.

Le recuit est complet si l'écrouissage est entièrement détruit, c'est-à-dire si la valeur de la limite élastique est ramenée à zéro.

Lois générales du recuit. — Nous avons étudié le recuit en mesurant à la température ordinaire la charge de rupture de différents métaux écrouis par tréfilage, puis recuits pendant des temps variables à des températures de plus en plus élevées. Les courbes ci-dessous (fig. 1) représentent les

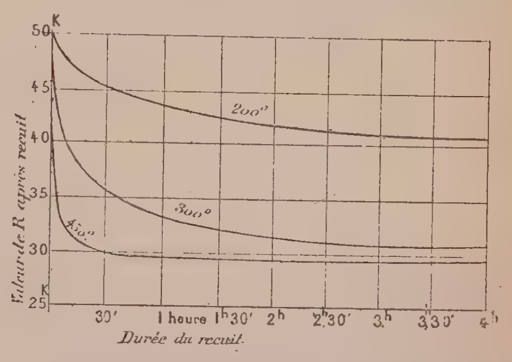


Fig. 1.

résistances obtenues avec du cuivre rosette après recuit pendant des temps variables, aux températures de 200°, 300° et 450°.

Il résulte de ces expériences que :

1° Le recuit est un phénomène lent, dont on peut aux températures les plus basses suivre la marche pendant plusieurs heures;

2° Le recuit à une température donnée ne peut dépasser une certaine limite, qui *théoriquement* n'est atteinte qu'au bout d'un temps infini.

3° Cette limite est d'autant plus faible et est *en pratique* atteinte d'autant plus rapidement que la température est plus élevée.

Nous avons enfin vérifié que :

4° A une température donnée, cette limite croît moins vite que l'écrouissage initial, c'est-à-dire que la perte d'écrouissage par le recuit est d'autant plus forte que l'écrouissage a lui-même une plus grande valeur.

Cristallisation par recuit. — Le recuit n'agit pas seulement en détruisant l'écrouissage; lorsqu'il est trop prolongé, il peut, si la température est assez élevée, modifier la texture du métal en augmentant la grosseur de son grain.

Cette cristallisation par recuit s'accentue d'autant plus que le recuit est plus prolongé et que la température est plus élevée.

Il en résulte que, si un recuit modéré augmente l'allongement de rupture d'un métal en détruisant l'écrouissage, un recuit exagéré pourra produire

partiellement ou même totalement l'effet contraire. Ainsi, tandis qu'on donnera une grande ductilité à l'acier écroui, par laminage par exemple, en le recuisant vers 800°, on le fera cristalliser en le refroidissant lentement après l'avoir chauffé vers 1000°, et on lui enlèvera toute malléabilité en le rendant très fragile. Le même cas se présente pour la plupart des métaux, surtout les métaux impurs ; par exemple le zinc impur devient très cassant après recuit au-dessus de 200°.

Recuit spontané. — L'expérience montre que, non seulement un métal se recuit sous l'influence d'une élévation de température, mais encore que, s'il est maintenu, après avoir été déformé, à la température qu'il avait pendant cette opération, sa limite élastique et sa charge de rupture diminuent lentement pour tendre vers des valeurs déterminées ; en un mot il se recuit à la température même où il a été écroui. On le reconnaît aisément en mesurant la charge de rupture d'un fil à des moments de plus en plus éloignés de son passage à la filière.

Ce fait important, que nous appelons *recuit spontané*, est la cause de l'existence d'une limite de l'écrouissage. La vitesse avec laquelle se produit ce recuit croît avec le degré d'écrouissage, tandis que ce dernier ne dépend que de la grandeur de la déformation. Pour une vitesse donnée de déformation, il y aura donc, à partir d'un certain moment, équilibre entre l'effet d'écrouissage qu'elle tend à produire et l'action inverse du recuit spontané. L'écrouissage sera limité.

V. — Influence du temps.

L'influence du temps sur les propriétés mécaniques des métaux est la conséquence immédiate du recuit spontané.

Déformation par recuit. — Considérons un métal de limite élastique L soumis à un effort de traction P qui, au bout d'un temps donné l'a allongé d'une certaine quantité A ; si nous supprimons l'effort P, sa limite élastique, qui est à cet instant même égale à P, va diminuer sous l'action du recuit spontané et tendre vers une valeur P′ intermédiaire entre L et P ; si nous maintenons la charge P, le recuit spontané agira en détruisant à chaque instant l'équilibre qui existe entre cette charge et les réactions élastiques du métal ; celui-ci continuera donc à s'allonger jusqu'à ce qu'il ait atteint la déformation pour laquelle la limite élastique définitive est égale à P. Cet allongement progressif est dû à l'action directe du recuit spontané, d'où le nom de *déformation par recuit* que nous lui donnons. Nous voyons donc que la grandeur de la déformation, produite par un effort donné, dépend du temps pendant lequel il reste appliqué. En voici deux exemples :

Fil d'argent (charge de rupture 18 kg.[1]) *soumis à une charge de 16 kg par millim. carré.*

Temps écoulé depuis la mise en charge	20″	1′	10′	2 h.	6 h.
Allongement %	16	16,33	17,13	18,1	18,6
Allongement % moyen par minute	»	0,40	0,088	0,008	0,0023

Fil de zinc (charge de rupture 5 kg.[1]) *soumis à une charge de 6 kg. par millim. carré.*

Temps écoulé depuis la mise en charge	5′	30′	2 h.	6 h.	9 h.	10 h.	11 h. 10′
Allongement %	1,33	6	20,6	61	102	126	173
Allongement % moyen par minute	0,26	0,186	0,162	0,173	0,228	0,400	0,670

Dans le premier cas (charge inférieure à la charge de rupture), la déformation tend vers une limite déterminée ; dans le deuxième (charge supérieure à la charge de rupture), la déformation croît jusqu'à la rupture avec une vitesse qui, dans la dernière période de l'essai, devient de plus en plus grande.

Variations des charges de rupture avec la durée des essais de traction. — Wertheim a le premier montré que la charge de rupture d'un métal est d'autant plus grande que la durée de l'essai est plus faible. Ce fait est la conséquence directe des considérations précédentes ; en augmentant la vitesse de l'essai de traction, on diminue le temps pendant lequel le recuit peut agir, on augmente la valeur des degrés d'écrouissages croissants que prend le métal sous l'influence des allongements croissants qu'il éprouve, et, par suite, on augmente sa charge de rupture.

Voici quelques résultats que nous avons obtenus sur des fils dans des essais de traction de durées variables :

	Durée de l'essai				
	30″	1′	15′	60′	indéfinie (par extrapolation)
Fer fondu à 15°.	39k.7	38k.8	37k.	36k.	»
Zinc à 15°......	»	24	16.5	11.5	5k.
Cuivre à 15°....	27.8	27.1	25.8	25.1	23.8
— à 200°...	20.7	20.2	19.1	17.7	14.5
— à 300°...	17.7	»	15	13	6.7

Ce qu'il importe le plus souvent de connaître dans la pratique, c'est la charge que le métal peut supporter indéfiniment sans se rompre, celle qui correspondrait à un essai de durée indéfini ; on

[1] Ces charges sont celles qui ne produisent les ruptures qu'au bout d'un temps infini.

doit déduire sa valeur par extrapolation d'une série d'essais de durées de plus en plus longues. Pour les métaux usuels que l'on ne fait travailler qu'à une fraction assez faible de leur charge de rupture, un essai d'une durée de 2′ ou 3′ fera connaître, à la température ordinaire, cette charge de rupture avec une approximation suffisante; mais, en se contentant d'un tel essai, on s'exposerait à de graves mécomptes, ainsi que le montrent les chiffres donnés ci-dessus, soit à la température ordinaire pour des métaux tels que le zinc, soit aux températures plus élevées pour les autres métaux, pour le cuivre par exemple à partir de 200°; l'importance du recuit allant en effet en grandissant avec la température, il en est de même de l'influence du temps qui, pour tous les métaux, devient très grande à une température suffisamment élevée.

En voici un exemple pour l'acier : des barreaux d'acier extra doux d'une résistance de 35^k à 5° nous ont donné à 800° les résultats suivants :

Durée de l'essai	25″	3′50″
Charge de rupture	8 k.	5 k. 100

D'après ces deux chiffres on peut admettre que la résistance indéfinie de ce métal est à 800° voisine de 1^k et par conséquent 5 fois plus faible que celle qui est donnée par l'essai de 3′50″ [1].

Résistance au choc. — Les chocs donnent lieu à des efforts de courte durée et produisent par suite des déformations plus faibles que des efforts de même valeur appliqués pendant un temps plus long. La résistance vive à la rupture, toute question de fragilité mise à part, ne peut donc être déduite, comme on le fait souvent, des essais de traction. Elle est toujours supérieure à celle que l'on calculerait de cette façon. L'écart est d'autant plus grand que la durée du choc, durée variable avec la masse et la vitesse relative des corps qui se choquent, est plus faible.

Si l'on considère en particulier des chocs de même intensité, par exemple des poids P tombant de hauteurs H telles que $P \times H$ soit constant, la durée du choc et par suite la déformation seront d'autant plus faibles que H sera plus grand.

Voici par exemple les chiffres d'écrasements obtenus dans ces conditions sur des cylindres en plomb de 50 m/m de hauteur et 20 m/m de diamètre[2].

Poids	Hauteur de chute	Écrasement
—	—	—
5 kg.	3m	13mm,3
10	1.50	13,9
15	1	14,4

VI. — Température.

La variation des charges de rupture avec la température présente au point de vue pratique une grande importance. Pour étudier cette variation il est nécessaire, sous peine de s'exposer à de graves erreurs, de n'opérer que sur des métaux préalablement recuits à la plus élevée des températures que l'on se propose d'atteindre; si l'on mesure en effet la charge de rupture d'un métal écroui à une température à laquelle il se recuit avec une certaine vitesse, il se recuira plus ou moins complètement suivant la durée de cet essai et le résultat obtenu sera bien plus variable avec cette durée que s'il n'avait été influencé que par le recuit spontané.

En voici un exemple, obtenu avec le cuivre à 250° :

	Durée de l'essai		
	20″	10′	30′
	—	—	—
Cuivre écroui (R = 50 k. à 15°)	R = 34 k.	24 k. 7	18 k.
— recuit (R = 25 k. à 15°)	R = 18,8	17,8	16,4

On voit que pour le métal écroui la charge de rupture a varié du simple au double quand la durée de l'essai a passé de 30′ à 20″.

Les métaux pour lesquels la charge de rupture varie d'une manière lente et continue avec la température sont peu nombreux ; ce sont en particulier les métaux simples tels que le cuivre, l'argent, l'aluminium, le cadmium etc., etc. ; d'autres métaux simples, le fer, le nickel, le zinc, tous les dérivés du fer et un grand nombre d'alliages présentent à certaines températures soit une augmentation, soit une chute brusque de résistance. Enfin les alliages éprouvent en outre aux tempéra-

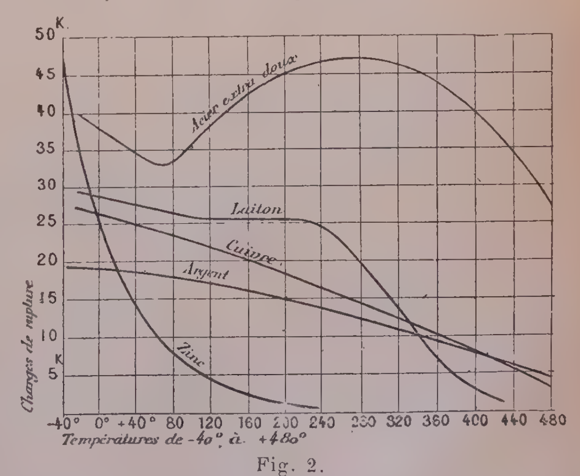


Fig. 2.

[1] Dans certaines opérations métallurgiques telles que la manœuvre des canons ou plaques de blindages dans l'opération de la trempe, on fait travailler à des températures de 800° à 900° les chaînes ou autres engins qui supportent ces pièces.

[2] Cet exemple est emprunté à l'étude de MM. Sarrau et Vieille sur l'*emploi des manomètres à écrasement pour la mesure des pressions développées par les substances explosives.*

tures voisines du point de fusion du plus fusible des métaux qui les constituent une véritable décomposition qui entraîne une décroissance rapide de l'allongement et de la charge de rupture ; ce fait se remarque en particulier sur les laitons à partir de 250° à 300°. A ces températures ces métaux donnent des charges de rupture et des allongements d'autant plus faibles que la durée de l'essai est plus grande, et finissent au bout d'un temps suffisamment long par se rompre sous des efforts très faibles sans presque se déformer. Nous donnons (fig. 2) les courbes représentant les résultats que nous avons obtenus dans des essais d'une durée moyenne de 5' à 10' pour le cuivre, l'argent, l'acier extra doux, le zinc et un laiton à 30 °/₀ de zinc. Ces métaux avaient été recuits aussi complètement que possible [1].

VII. — Impuretés [2].

On sait quelle influence peuvent avoir de très petites quantités de matières étrangères sur la propriétés mécaniques des métaux. Ainsi le fer, qui à l'état chimiquement pur aurait une ténacité voisine de celle du cuivre ($R = 28^k$ pour les fers de Suède les plus purs), peut atteindre, même après recuit, des résistances voisines de 100^k s'il contient de petites quantités de carbone, manganèse, chrôme, etc. Les autres métaux sont sensibles, bien que dans une moindre proportion, à la même influence, et l'addition d'impuretés convenablement choisies est un des procédés les plus précieux que nous possédions pour modifier leurs propriétés.

Les impuretés ont deux modes d'action distincts :

1° Elles modifient la condition dans laquelle se produit le recuit et par suite influent sur l'écrouissage; à ce point de vue elles agissent toutes dans le même sens retardant le recuit et favorisant l'écrouissage.

2° Elles peuvent modifier le grain du métal et alors ont, suivant leur nature, une influence bienfaisante ou nuisible.

Influence sur l'écrouissage et le recuit. — Des essais que nous avons faits sur différents métaux, en particulier le cuivre et l'argent, il résulte que toutes les impuretés, *quelle que soit leur nature*, ont pour effet général de retarder le recuit [3], de sorte que le métal le plus pur est celui qui se recuit le plus rapidement et le plus complètement à une température donnée et pour lequel la température où le recuit devient complet est la plus basse. Ainsi du cuivre électrolytique se recuit déjà rapidement à 200° ; à 300° le recuit atteint son terme en quelques minutes, alors qu'à la même température on peut pour le cuivre du commerce suivre la marche du recuit pendant plusieurs heures. En même temps que les impuretés ralentissent l'action du recuit, elles élèvent la limite finale d'écrouissage à laquelle le métal est ramené par un recuit très proprolongé.

Le même retard est apporté au recuit spontané ; il a pour effet d'augmenter l'intensité de l'écrouissage produit par une déformation donnée. Voici un exemple de cette double influence des impuretés.

	ARGENT		
	pur	allié à 1 % de cuivre	allié à 1 % d'étain
	—	—	—
Charge de rupture après écrouissage complet..	33 kg	55 kg	45 kg
Après recuit complet...	18	22,7	22

L'addition d'impuretés est donc un procédé général pour augmenter la ténacité d'un métal; mais, par contre, elle diminue toujours son allongement après recuit complet.

Influence sur le grain. — Nous avons indiqué plus haut qu'un recuit à température suffisamment élevée pouvait modifier le grain d'un métal. Cette cristallisation par recuit dépend essentiellement de la nature des impuretés contenues dans le métal. Ainsi, c'est un fait bien connu que le carbone et le phosphore facilitent l'altération du grain de l'acier quand on le chauffe au-dessus de 1000°.

MM. Osmond et Werth, dans leur *Théorie cellulaire de l'acier*, l'ont expliqué ce fait de la manière suivante : « Si on réchauffe de l'acier à ces températures, le carbure de fer (ciment) qui enveloppe les globules de fer entre en fusion et permet à ceux-ci de se grouper pour donner lieu à des arrangements (cellules composées) d'autant plus volumineux que la durée du chauffage aura été plus prolongée [1]. Les choses se passent de même pendant la solidification du métal.

Cette influence des impuretés sur le grain et par contre-coup sur les propriétés mécaniques n'est pas particulière à l'acier; c'est un phénomène général; nous l'avons en particulier très nettement observée sur des échantillons d'argent recuits pendant 5' au rouge :

	Charge de rupture	Allongement %
	—	—
Argent pur..........	18 kg	45 %
— à 1 % d'étain.	12 kg	3 %

[1] Les résultats relatifs à l'acier extra doux proviennent d'essais que nous avons faits récemment dans les ateliers de la Compagnie des chemins de fer de l'Est sur des barreaux de 16 m/m de diamètre.

Les autres métaux ont été essayés en fils de 0 m/m, 6.

[2] Nous employons le terme *impuretés* dans le sens absolu de matières étrangères alliées en petites quantités à un métal.

[3] Nous rappellerons que ce fait est depuis longtemps connu pour le cuivre.

[1] Il est vraisemblable que cette agglomération doit être attribuée à des phénomènes de capillarité.

L'échantillon d'argent contenant de l'étain qui par sa fusibilité a joué le même rôle que les carbures de fer dans l'acier, avait fortement cristallisé et s'est rompu presque sans allongement.

Inversement, des impuretés, dont le point de fusion est plus élevé que celui du métal, ou qui forment avec lui des composés remplissant les mêmes conditions, pourront contrarier la cristallisation soit par fusion, soit par recuit, et tendre à améliorer le grain. C'est un fait que l'on observe souvent dans les cristallisations des substances chimiques; ainsi la cristallisation des silicates de chaux, de la wollastonite par exemple, est considérablement gênée par des traces de silice ou de chaux en excès sur les proportions théoriques. Telle est l'action du chrome sur l'acier; les fontes chromées sont peu fusibles et le chrome entrave la cristallisation de l'acier en lui donnant une finesse de grain remarquable. Le silicium agit dans le même sens. Nous en citerons un autre exemple : on sait que les bronzes et laitons d'aluminium donnent, par simple moulage en sable, des chiffres de résistance et d'allongement qui ne sont égalés par aucun autre métal; ils doivent ces propriétés remarquables aux composés peu fusibles formés par l'aluminium avec le cuivre qui les empêchent de cristalliser; il suffit d'ajouter un centième d'aluminium à du laiton ordinaire pour lui donner un grain très fin.

Ainsi les impuretés tendent à augmenter la grosseur du grain si leur point de fusion ou celui des composés qu'elles forment avec le métal est inférieur au point de fusion de celui-ci; elles tendent à la diminuer dans le cas contraire; leur nature a donc à ce point de vue une influence énorme sur les propriétés mécaniques des métaux, en particulier sur leur fragilité.

En résumé les propriétés mécaniques des métaux, envisagées dans leur ensemble, dépendent, une fois que l'on a défini la composition, l'état chimique [1] et la température, de deux éléments principaux : le *grain* et l'*écrouissage*, lequel paraît être, dans une large mesure, fonction de la densité; les variations de cette densité déterminent pour un métal donné les variations de l'intensité des forces moléculaires, par suite la manière dont ce métal se comportera sous l'action des forces extérieures.

Ces deux éléments — *grain* et *écrouissage* — dépendent en même temps de conditions très complexes et en particulier de tous les états antérieurs par lesquels le métal est passé. L'influence résiduelle de ces divers états varie d'ailleurs beaucoup avec la proportion et la nature des impuretés contenues dans le métal.

André Le Chatelier,

Sous-Ingénieur de la Marine.

LE SURMENAGE ET LE CHARBON CHEZ LES MOUTONS AUSTRALIENS

Il est très difficile de savoir exactement le total des pertes par le charbon en Australie. Les squatters ne veulent pas avouer la mortalité, de peur de déprécier la valeur de leur propriété, de sorte que l'on ne connaît pas exactement sur quelle étendue de pays sévit la maladie.

Les pertes doivent être très considérables; il existe des stations tellement maudites, qu'elles amènent la ruine de tous ceux qui cherchent à les exploiter.

Depuis que la vaccination Pastorienne a été introduite dans la Nouvelle Galles du Sud, on commence à avoir quelques indications. Un grand nombre de squatters demandent en grande quantité les vaccins préparés; ils reconnaissent, de ce fait, l'existence de la maladie de Cumberland dans leurs propriétés. D'autres, plus confiants dans la valeur de l'inoculation préventive, consentent à donner les chiffres de la mortalité avant la vaccination. Les pertes avouées de 20, 25 % par année, sont communes.

Une expression très employée par les squatters des régions infectées est : « Les naissances ne compensent pas la mortalité. » Un propriétaire de 30.000 moutons me répondait, à ce sujet : « Je sais que sur ma propriété je puis nourrir 30.000 bêtes; nous nous arrangeons, en général, de façon à avoir pour la boucherie un peu moins du tiers du troupeau; pour cela nous conservons le nombre de brebis nécessaires, en admettant qu'environ 80 % des brebis donnent un agneau. Lorsque nous disons que les naissances ne compensent pas la mortalité, nous voulons dire que nos pertes sont d'un peu plus de 30 %. »

[1] Il ne faut pas oublier que certains métaux comme le nickel, le fer, l'acier, un grand nombres d'alliages peuvent exister sous des états chimiques (moléculaires, allotropiques) différents. Ils ont sous ces divers états des propriétés aussi différentes que deux corps de composition chimique distincte, et ces changements d'états peuvent être produits par les mêmes influences qui modifient le grain et la densité. Tel est le cas de l'écrouissage pour le nickel et le ferro-nickel, de la trempe pour l'acier.

A quoi tient cette mortalité si élevée?

Le charbon australien ne semble cependant pas plus virulent que le charbon de France; c'est-à-dire que la même quantité de sang ou de culture, inoculée à des cobayes, entraîne la mort sensiblement dans le même temps qu'en France.

En octobre 1888, dans une expérience publique faite par le Dr Germont et moi, pour démontrer l'efficacité des vaccins Pasteur contre la maladie de Cumberland, 20 moutons furent vaccinés avec les vaccins venus de Paris, et 15 jours après on leur inocula le sang d'un mouton mort du charbon une heure avant. Ces moutons résistèrent parfaitement; ils sont encore vivants actuellement, trois ans après, étant dans une propriété où les pertes sont de 12 à 15 °/₀ chaque année. Dix-neuf moutons témoins, inoculés, en octobre 1888, en même temps, avec le même sang, moururent après des périodes d'incubation données par le tableau suivant :

Inoculation du 2 octobre 1888

N° 2........	Mort le 3 octobre	30 h. 15 après l'inoculation
7........	—	30 h. 26'
15........	—	32 h. 40'
14........	—	33 h. 25'
11........	Mort le 4 octobre	34 h. 55
19........	—	35 h. 40
6........	—	35 h. 45'
13........	—	36 h. 5'
12........	—	36 h. 35'
10........	—	37 h. 40'
4........	—	39 h. 45'
18........	—	40 h. 15'
1........	—	41 h. 5'
3........	—	49 h.
9........	—	49 h.
17........	—	49 h.
16........	—	51 h. 30'
8........	—	52 h. 15'
5........	Mort le 5 octobre	63 h. 30'

Ces durées d'incubation sont sensiblement les mêmes que celles signalées dans le rapport de M. Rossignol sur l'expérience de Pouilly-le-fort, en 1881, sur des moutons dans des conditions semblables.

Mais, en Australie, il est des cas où la mort arrive très rapidement; par exemple, il n'est pas rare de voir des moutons conduits dans une contrée infestée, y mourir 18 à 20 heures après leur arrivée. Ils ont été fatigués par le voyage; peut-être la fatigue est-elle la cause de cette courte incubation. L'expérience suivante a été faite pour étudier l'action du surmenage, comme cause de diminution de la longueur de la période d'incubation.

Quatre moutons sont inoculés avec le sang d'un animal mort du charbon ; ils sont ensuite forcés, pendant 7 heures de suite, à marcher et à courir dans l'enclos, poussés qu'ils sont par un berger à cheval; ils ne paraissent pas, après cela, aussi fatigués que les moutons qui ont été exposés au surmenage et à la soif pendant un voyage de plusieurs jours, sur des routes où ils ne trouvent que peu ou pas de nourriture. Nos quatre moutons ont été certainement un peu surmenés, et en examinant leur température, on note une élévation notable due à la fatigue provoquée. La mort de ces quatre moutons inoculés le 5 octobre 1890, à 2 heures de l'après-midi, est arrivée :

1°....	Le 6 oct. à 2 h.	24 h. après l'inoculation
2°....	— 4 h.	26 h.
3°....	Le 8 oct. à 6 h. 30 du matin	40 h. 30'
4°....	— 7 h. 30	41 h. 30'

En comparant ces résultats avec ceux du tableau donné ci-dessus pour les 19 moutons inoculés le 2 octobre 1888, puis conservés au repos dans une étable, on constate que pour 2 des 4 moutons surmenés, la période d'incubation a été de beaucoup plus courte que pour aucun des 19; et que la moyenne de cette incubation chez les 4 surmenés (33 heures environ) est considérablement moins longue que la moyenne de l'incubation chez les autres.

Il me semble qu'en généralisant ces résultats, on peut admettre que le surmenage joue un rôle, comme cause de la grande mortalité, en rendant les animaux plus suceptibles.

Le surmenage existe à un très fort degré chez les moutons, dans les conditions où ils se trouvent dans les immenses déserts de l'Australie; on rencontre des troupeaux de plusieurs milliers de têtes dans des propriétés où ils sont à raison de 2 moutons à l'hectare. Il y a des stations composées d'un seul enclos de 40.000 hectares, à raison d'un mouton à l'hectare, et quelquefois, dans les régions pauvres, il faut jusqu'à 5 hectares pour nourrir un mouton. Dans ces enclos ils sont absolument livrés à eux-mêmes, et souvent poursuivis par les Dingos, (chiens sauvages), ou effrayés par les kangouros, qui viennent aussi manger le peu d'herbe que l'on trouve.

Je compte, pour répondre à mon hypothèse, dès que j'en aurai l'occasion, inoculer un certain nombre de moutons avec un virus atténué, c'est-à-dire un virus ne tuant pas, à l'état ordinaire, tous les moutons, mais seulement une certaine proportion, le deuxième vaccin Pasteur, par exemple, et voir son action sur les animaux surmenés.

A. Loir,

Directeur de l'Institut Pasteur australien.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Enneper Alfred. — **Elliptische functionen. Theorie und Geschichte** (Fonctions elliptiques. Théorie et histoire). — *Akademische Vorträge, Zweite Auflage Neu bearbeitet und herausgegeben von Dr Félix* MULLER, (*Prix* : 28 fr. 15). *Verlag von Louis Nebert, Halle a. S.* 1890.

L'ouvrage d'Enneper sur les fonctions elliptiques est bien connu de tous les mathématiciens et la première édition, parue en 1875, a marqué un progrès au point de vue didactique, dans cette importante théorie. Depuis lors, la science a marché, de nombreux travaux se sont accumulés et il était devenu indispensable, dans une nouvelle édition, de modifier profondément la précédente; c'est ce que vient de faire M. le Dr Félix Muller, professeur au Konigl. Luisengymnasium de Berlin.

M. le Dr Muller a pris pour base fondamentable des modifications qu'il a faites les travaux de M. Weierstrass; les notations adoptées par cet illustre géomètre tendent de plus en plus à remplacer les notations primitivement choisies, et les découvertes qui lui sont dues ont constitué de décisifs progrès; le regretté Halphen, qui devait lui-même tracer un sillon lumineux dans la théorie des fonctions elliptiques, le constatait il y a cinq ans lorsqu'il publiait le premier volume de son bel ouvrage; il faisait alors en France ce que M. Muller fait aujourd'hui en Allemagne.

Dans le traité actuel d'Enneper les méthodes de M. Weierstrass sont complètement exposées; l'Auteur suit à peu près pas à pas les feuilles publiées jadis, d'après les leçons du Maître, par M. H. A. Schwartz; mais il y ajoute un grand nombre de compléments recueillis par lui directement. C'est surtout à ce point de vue que le volume présente un réel intérêt. L. O.

Picard (Alfred), *Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Président de section au Conseil d'Etat.* — **Rapport général sur l'Exposition universelle de 1889.** — *Imprimerie Nationale, Paris,* 1891.

Le beau volume que vient de publier l'Imprimerie nationale sur l'Exposition universelle de 1889, est le premier du rapport général confié à M. Alf. Picard; tous ceux qui connaissent le savant président de section du Conseil d'Etat savent que toute œuvre signée de lui serait de premier ordre; le volume dont nous rendons compte est à la hauteur de cette opinion.

Il est entièrement consacré à l'historique des Expositions universelles et aux préliminaires de l'Exposition de 1889; l'auteur s'arrête au moment de l'organisation des divers services; l'Exposition elle-même n'y figure encore en rien.

Les matières sont réparties en trois chapitres; dans le premier qui contient l'historique des Expositions universelles françaises, M. Picard rappelle d'abord cette première exhibition de l'an VI, imaginée par François de Neufchâteau pour consacrer la gloire du nouveau gouvernement, exhibition qui eut lieu au Champ de Mars et qui, malgré le petit nombre des exposants (110 seulement), fut un grand succès.

Il examine ensuite successivement l'Exposition de l'an IX dans la cour du Louvre (220 exposants), celle de l'an X au même endroit (540 exposants), celle de 1806 à l'Esplanade des Invalides (1422 exposants), celle de 1819 dans les salles du palais du Louvre (1662 exposants), celle de 1823 au rez-de-chaussée de la colonnade du Louvre et au 1er étage du palais (1642 exposants), celle de 1827 au Louvre encore (1695 exposants), celle de 1834 à la place de la Concorde (2447 exposants), celle de 1839 aux Champs-Elysées (3381 exposants), celle de 1844 au même endroit (3660 exposants), enfin celle de 1849 aux Champs-Elysées encore (4532 exposants).

L'Exposition universelle de 1849 est la dernière des expositions nationales; à partir de ce moment, les expositions vont devenir internationales. La seconde partie du volume, qui est de beaucoup la plus importante, est constituée par l'étude des expositions universelles internationales qui se sont succédées à Londres, en 1851; à Paris en 1855; à Londres en 1862; à Paris en 1867; à Londres en 1871, 1872, 1873 et 1874; à Vienne en 1873; à Philadelphie en 1876; à Paris en 1878; à Sydney en 1879; à Melbourne en 1880; à Amsterdam en 1883; à Barcelone et à Bruxelles en 1888.

Le volume se termine par une troisième partie consacrée aux préliminaires de l'Exposition de 1889 et dans laquelle, après avoir rappelé les lois relatives à l'institution de l'Exposition ou à son exécution, M. Picard énumère les actes divers qui en ont fixé les éléments constitutifs. Grâce à lui, l'Exposition du Centenaire aura un monument digne d'elle et du succès qu'elle a obtenu. L. O.

Wolf (C.), *Membre de l'Institut, Astronome à l'Observatoire de Paris.* — **Astronomie et Géodésie.** — *Cours professé à la Sorbonne, et rédigé par H. Le Barbier et P. Bourguignon,* 1 vol. in-4° de 444 pages (10 *fr.*). — *Georges Carré, éditeur,* 58, *rue Saint-André-des-Arts, Paris,* 1891.

Il serait superflu de faire l'éloge de cet ouvrage, que recommande assez le nom de l'auteur. M. Wolf n'a pas cherché à faire un traité volumineux, mais il visait surtout la clarté, et il a parfaitement réussi. Il s'est attaché principalement à faire comprendre le caractère des méthodes employées en astronomie, méthodes qui avec leur allure presque continuelle d'approximations plus ou moins grandes, étonnent un peu, à l'origine, ceux qui sont habitués aux rigueurs du calcul mathématique.

Comme on ne viendrait pas chercher dans cet ouvrage, consacré spécialement à l'enseignement, des recherches sur des sujets nouveaux ou obscurs, signalons le chapitre sur l'excentricité : dans ce champ, bien battu cependant, M. Wolf a émis une idée nouvelle, en démontrant la possibilité d'éliminer *complètement* l'erreur d'excentricité dans la lecture des cercles gradués, par une disposition convenable de la graduation et des microscopes.

Les premiers chapitres de l'ouvrage sont consacrés à la trigonométrie sphérique et à la description des instruments employés pour la mesure des angles et du temps. L'étude du mouvement diurne conduit ensuite à la détermination de l'heure, à l'emploi des instruments méridiens et au calcul de la réfraction. Puis l'étude du mouvement du Soleil parmi les étoiles et des variations des ascensions droites des étoiles mène à la précession des équinoxes et à la nutation. Cette partie est complétée par la théorie du mouvement du Soleil, qui conduit à la définition des diverses espèces de temps, et par celle de l'aberration. Deux chapitres sont consacrés à la théorie des mouvements de la Lune et des planètes, et enfin le dernier est relatif à la géodésie. C'est, comme on voit, le programme de la licence ès sciences mathématiques logiquement développé. Aussi cet ouvrage constitue un précieux accroissement pour la collection des publications de ce genre entreprise par la maison Carré; en le rédigeant, MM. Le Barbier et Bourguignon ont bien mérité des candidats à la licence. G. BIGOURDAN.

2° Sciences physiques.

Gay (Jules), *Docteur ès sciences, Professeur de Physique au lycée Louis-le-Grand.* — **Lectures scientifiques.** *Extraits de mémoires originaux et d'études concernant la science et les savants :* PHYSIQUE ET CHIMIE. 1 *vol in 8° de 800 pages.* (*Prix : 5 fr.*) *Hachette et Cie,* 79, *boulevard Saint-Germain, Paris,* 1891.

L'ouvrage de M. Gay constitue une innovation, et une innovation des plus heureuses. Trop souvent dans l'enseignement des sciences physiques, le professeur passe très légèrement sur les expériences fondamentales qui ont servi à établir d'une façon définitive les principes et les lois, alors que la discussion de ces expériences simples serait le meilleur exercice de logique appliquée que l'on pût donner à de jeunes esprits; on a, au contraire, la préoccupation d'en dire beaucoup, et d'en dire long, et l'on donne une importance parfois scandaleuse à des descriptions d'appareils et d'expériences dus à des savants de quatrième ordre. Pour réagir contre ces tendances, le meilleur moyen est d'habituer les élèves et de forcer surtout les professeurs à remonter d'eux-mêmes aux sources, à consulter les mémoires originaux qui, dans le cas où l'expérience ne peut être répétée commodément, constituent le véritable fondement de la certitude dans les sciences expérimentales; ils y apprendront à bien voir, par les discussions des auteurs eux-mêmes, quel est le fait précis que démontre telle expérience, indépendamment des hypothèses qu'on a pu après coup bâtir dessus, hypothèses que parfois on commence par exposer en grands détails aux élèves, quitte à leur citer ensuite l'expérience capitale comme un accessoire.

Le livre de M. Gay s'adresse à tous les professeurs et à tous les élèves qui ne se trouvent pas dans cette situation privilégiée d'avoir sous la main une bibliothèque scientifique admirablement pourvue. Ils auront dans un seul volume les citations les plus caractéristiques de Galilée, — auquel M. Gay fait très justement remonter l'origine de la physique moderne, parce qu' « en s'attaquant le premier, avec éclat et à ses dépens, à l'autorité absolue d'Aristote, il a véritablement fondé la méthode expérimentale, » — une page fort intéressante d'Archimède sur la démonstration de son principe d'hydrostatique, des citations très étendues des mémoires ou des lettres de Pascal, de Mariotte, de Newton et d'Huyghens; ils connaîtront Coulomb, Volta, Œrsted, Ampère, Faraday, non seulement parce que leurs noms sont répandus partout, mais encore pour avoir lu eux-mêmes l'exposé, fait par leurs auteurs, des découvertes qui ont fondé l'électricité. Ceux qui voudront apprécier la portée de la révolution faite au siècle dernier dans la chimie de la matière, et de nos jours dans la chimie biologique, dans l'étude des êtres vivants infiniment petits, trouveront là les éléments nécessaires pour se faire une idée de l'œuvre de Lavoisier et de l'œuvre de Pasteur.

Les extraits de mémoires originaux sont accompagnés de notices relatives à la biographie des savants et à l'état de la science à leur époque. Ces notices sont généralement empruntées à d'autres savants : les noms de Biot, d'Arago, de Dumas, sont ceux qui reviennent le plus souvent dans l'ouvrage de M. Gay. En mettant entre les mains de tous ces pages, dont quelques-unes sont parmi les plus belles qu'on ait écrites dans notre langue, on habitue les esprits à cette idée, contre laquelle existent encore tant de préjugés, que les hommes de science, les hommes qui savent penser fortement et nettement, sont souvent aussi ceux qui savent le mieux exprimer l'ordre géométrique avec les vérités que Pascal rangeait dans les sentiments les plus délicats et les idées les plus élevées. L'auteur a pensé qu'il ne saurait mieux terminer le recueil qu'en empruntant à Claude Bernard et à Pasteur quelques pages d'une grande portée philosophique sur la science et sur la méthode expérimentale.

Nous sommes convaincu que d'ici à quelques années l'exemple donné paa M. Gay sera suivi de tous côtés; on ne tardera pas à saisir l'importance de cette conception nouvelle de l'enseignement qui consiste à attribuer à la lecture des mémoires originaux un rôle prépondérant même dans des leçons élémentaires. M. Gay aura le mérite, en recommandant et en facilitant la lecture des savants anciens, d'avoir été un novateur.

Bernard BRUNHES.

Buguet (Abel). — **La Photographie de l'amateur débutant.** 3e *édition, avec 44 figures.* (*Prix 1 fr. 25*). *Soc. d'Editions scientifiques, Place de l'Ecole de Médecine, 4, rue Antoine-Dubois à Paris,* 1891.

Ce petit volume contient avec les indications pratiques qui s'y rapportent la description et l'image de tous les appareils nécessaires ou utiles à la photographie de paysage et de portrait.

Gaudin (G.). — **Notions de chimie générale.** 1 *vol. in-8° de 384 pages* (*Prix : 5 fr.*). *A. Colin et Cie, éditeurs,* 5, *rue de Mézières. Paris,* 1891.

Ce livre est destiné à l'enseignement dans les lycées, et bien que naturellement la forme abrégée lui convienne, on ne peut s'empêcher de trouver qu'il ne contient qu'une portion bien minime de la chimie générale : 177 pages y sont consacrées aux nombres proportionnels (équivalents et poids atomiques), 97 à la théorie atomique, valence, formules de constitution, le reste du volume à la dissociation. Les questions de chaleur, électricité, cristallisation, dissolution, lumière, y sont ou complètement passées sous silence ou à peine effleurées à l'occasion de la détermination du poids atomique. Ce sont des notions fort incomplètes. Il est à regretter qu'elles manquent aussi d'exactitude. M. Gaudin nous apprend dans sa préface qu'il a cherché la clarté. Il faut l'en louer, mais cela n'autorise pas à remplacer les faits par un roman qui donne aux choses une simplicité absolument étrangère à la réalité. Ainsi, pour prendre un exemple entre beaucoup, M. Gaudin annonce qu'on vérifie que la chaux contient uniquement du calcium et de l'oxygène en chauffant du calcium dans de l'oxygène. Pourquoi dire une chose aussi parfaitement fausse ? M. Gaudin doit bien savoir que ce fait ne se vérifie pas par voie directe et que par voie directe il est invérifiable, le calcium n'ayant été obtenu jusqu'ici (s'il l'a été) que fort impur : sa couleur même est contestée. On doit apprendre aux élèves la chimie telle qu'elle est et non telle que M. Gaudin pense qu'elle devrait être. La partie relative à la dissociation est encore moins bonne. La dissociation y est définie, « une décomposition incomplète des corps composés sous l'action de la chaleur, quand ils sont maintenus en présence de leurs produits de décomposition ». Si l'on chauffe de l'oxyde de platine de façon à n'en décomposer qu'une partie tout en le maintenant en vase clos, ce sera donc une dissociation? Les systèmes hétérogènes sont dits ceux où le composé considéré est solide et les produits de décomposition un solide et un gaz. Les liquides ne se dissocient donc pas ? Il n'existe donc pas de solide donnant uniquement des gaz? Il est difficile d'écrire avec plus de légèreté sur des questions qui demandent pourtant de l'attention. Parfois, on pourrait croire que M. Gaudin n'a pas relu son livre et l'a écrit sans y faire attention. Ainsi, page 247, il donne aux carbonates des métaux divalents (0=16) la formule

$$\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\!\!>C - O - Ba - O - C\!\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\end{matrix}$$

et fait ressortir l'analogie avec l'*azotate* de calcium! Comment peut-on laisser passer de pareilles énormités et quelle étrange chimie enseignera-t-on aux élèves de cette façon !

E. DEMARÇAY.

3° Sciences naturelles.

Priem (Fernand). — **L'évolution des formes animales avant l'apparition de l'homme.** (3 *fr.* 50). *Librairie J.-B. Baillière et fils*, 19, *rue Hautefeuille*, *Paris*, 1891.

Aujourd'hui que la théorie de l'évolution est acceptée en principe par la grande majorité des naturalistes, il est intéressant de savoir comment la paléontologie nous permet de concevoir l'apparition et la variation des formes vivantes. Tout le monde ne peut pas consulter les importants ouvrages de Zittel, de Neumayr, de Cope, de Gaudry. M. Priem a réuni dans un volume de dimensions modestes les notions auxquelles ces auteurs, et bien d'autres encore, sont arrivés au sujet de l'évolution des animaux. Bien des discussions subsistent encore au sujet de ces questions difficiles : sur ces points obscurs M. Priem se montre d'une grande prudence. Les opinions auxquelles il s'arrête sont dans leur ensemble les plus vraisemblables, et celles qui réunissent les suffrages des savants les plus éminents.

Ce qui doit assurer le succès de ce petit livre, c'est qu'il présente, avec clarté et concision, une synthèse rapide de ce qu'il y a de plus attrayant dans une science à laquelle on reproche fréquemment son aridité. Les zoologistes liront en particulier avec le plus grand intérêt le chapitre relatif aux mammifères et pourront constater combien les dernières recherches ont contribué heureusement à combler les lacunes de nos connaissances sur l'enchaînement de ces êtres. L'histoire des ammonites, dont la classification et l'évolution sont si difficiles à étudier dans les traités classiques, est aussi présentée d'une manière heureuse. Ce livre s'adresse donc d'une façon toute spéciale aux débutants qui réclament depuis longtemps un ouvrage de paléontologie à la fois élémentaire et essentiellement moderne.

Félix Bernard.

Lamounette. — Recherches sur l'origine morphologique du liber interne. *Thèse de doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris le* 24 *février* 1891. *Masson, Paris*, 1891.

On sait aujourd'hui qu'un grand nombre de familles du groupe des Dicotylédones possèdent un double liber dans leurs faisceaux conducteurs. De Bary avait donné aux faisceaux ainsi constitués le nom de faisceaux bicollatéraux, et les recherches de Petersen semblaient devoir consacrer définitivement cette dénomination de bicollatéralité. J'ai montré, le premier, que d'une façon générale, le liber interne n'était pas d'origine procambiale et qu'il provenait de l'évolution de certaines cellules du parenchyme médullaire ; aussi ai-je proposé, pour éviter toute fausse interprétation d'origine, de donner au liber interne la dénomination de *liber médullaire*. Mais, comme dans une étude générale sur les anomalies de la tige, je n'avais pu donner à cette question particulière tout le développement qu'elle comportait, peut-être n'était-il pas inutile de rechercher à nouveau l'origine première du liber interne ; il y avait, en outre, intérêt à connaître l'origine de ce liber, non seulement dans la tige, mais encore dans la feuille ; à savoir aussi comment et aux dépens de quels éléments le liber interne s'organisait entre les racines et la tige et comment il apparaissait dans les cotylédons épigés. Ce sont ces divers points que M. Lamounette a si minutieusement étudiés dans le travail qui fait l'objet de cette analyse.

Dans la première partie de son travail, M. Lamounette donne le résultat de ses recherches sur l'origine du liber interne dans l'axe hypocotylé et dans les cotylédons épigés ; dans la deuxième partie, il étudie l'origine du liber interne dans le bourgeon terminal et dans les feuilles.

L'étude du passage de la racine à la tige nous éclaire sur l'origine du liber interne dans l'axe hypocotylé et nous montre qu'il est indépendant à la fois du liber de la racine et du liber externe des faisceaux de l'axe hypocotylé ; en outre, sa formation, dans ce même axe, est toujours postérieure à la formation des éléments libériens externes et ligneux des faisceaux auxquels il se surajoute, et il prend naissance dans les cellules du parenchyme conjonctif central.

L'examen des cotylédons a mis en lumière ce fait intéressant, c'est que le liber interne ou supérieur fait toujours défaut dans les cotylédons, lorsqu'il manque dans l'axe hypocotylé ; on peut donc en conclure que l'évolution des cotylédons est corrélative de l'axe hypocotylé, et qu'il n'y a des formations anormales dans les cotylédons que tout autant qu'il y en a dans l'axe hypocotylé. Ajoutons qu'au point de vue de l'origine, elle est la même que dans l'axe hypocotylé, et l'indépendance de cette formation, déjà attestée par l'étude du passage de la racine à la tige, se manifeste aussi nettement dans les cotylédons.

M. Lamounette étudie ensuite en détail l'origine du liber interne dans le bourgeon terminal, et les résultats exposés dans cette partie importante de son travail confirment pleinement l'exactitude de mes conclusions, en les généralisant même, puisqu'elles permettent d'étendre ces conclusions à la famille des Cucurbitacées qui avait trouvé une place à part dans mes recherches. La dénomination de liber médullaire, proposée par moi, se trouve donc ainsi pleinement justifiée.

Enfin, dans les feuilles, le liber interne ou supérieur se forme toujours postérieurement aux autres éléments des faisceaux. En outre, cette formation peut manquer dans la feuille, bien qu'existant dans la tige (*Daphne Laureola*).

Au total, des excellentes et consciencieuses recherches de M. Lamounette, on peut conclure qu'il faut, *dans tous les cas*, considérer le tissu libérien interne comme une formation anormale due à l'évolution de quelques cellules parenchymateuses et indépendantes du faisceau auquel il est adjacent. Elles sembleraient aussi démontrer que le liber interne rentrerait dans la catégorie des caractères *acquis* pendant l'évolution des plantes et transmis ensuite par hérédité. Et partant de ce fait, l'auteur n'hésite pas à émettre cette hypothèse bien hardie, à savoir si le liber interne ne résulterait pas d'une action particulière produite sur les cellules parenchymateuses par des conditions physiologiques jusqu'ici indéterminées. « Ne pourrait-on pas », dit-il en terminant, « retrouver les causes qui lui ont « donné naissance ». Le problème paraît assurément bien difficile, sinon impossible à résoudre ; mais, par ce temps de physiologie végétale à dose intensive, nous devons nous attendre aux surprises les plus grandes.

J. Hérail.

Protopopoff (Dr). — **Sur la question de la structure des Bactéries.** *Ann. de l'Institut Pasteur*, *mai* 1891.

La question de la structure des Bactéries est encore bien loin d'être définitivement résolue, et l'on peut accueillir avec empressement toutes les contributions à ce problème si intéressant de morphologie cellulaire. Depuis les travaux de Butschli, la recherche du noyau des Bactéries qui avait été faite sans résultat, a été reprise par nombre d'observateurs : Butschli a démontré pour un certain nombre d'espèces bactériennes, que la masse cellulaire comprend une couche corticale et un corps central, l'un et l'autre de structure alvéolaire, et très distincts sur des préparations colorées à l'hématoxyline.

D'après Zacharias, le corps central ne serait qu'un noyau ; d'après Ernst, il y aurait dans les Bactéries de petits corps variables de nombre et de grandeur qu'il considère comme autant de noyaux. D'après Klebs, au contraire, le protoplasma tout entier de la bactérie serait de nature nucléaire.

M. Protopopoff a fait porter son investigation sur deux

bactéries différentes. Il a observé par coloration à la fuchsine une sorte de stratification du protoplasma, rappelant tout à fait la description de Ernst; mais à l'inverse de ce dernier, il repousse l'idée d'une assimilation entre les masses colorées et les noyaux cellulaires.

La question du noyau des Bactéries semble donc ne pas être résolue, et il se pourrait qu'elle ne le fût pas de sitôt.

Dr H. Dubief.

4° Sciences médicales.

Javal (E.), *Membre de l'Académie de Médecine.* — **Mémoires d'Opthalmométrie annotés et précédés d'une introduction.** 1 *vol. in-8° avec* 135 *fig.* (20 *fr.*). *G. Masson*, 20, *boulevard Saint-Germain*, *Paris*, 1891.

Il est inutile d'insister sur les progrès qui sont dus, en oculistique, à l'emploi de l'ophtalmomètre de Javal et Schiötz : grâce à la facilité de son maniement, il permet la détermination rapide des rayons de courbure de la cornée. M. Javal, sollicité de faire un manuel d'ophtalmométrie qu'il ne peut rédiger maintenant, faute de temps, a eu l'heureuse idée de réunir les travaux les plus importants faits à l'occasion ou à l'aide de l'ophtalmomètre, de manière à mettre les chercheurs et les cliniciens à même d'utiliser fructueusement cet appareil. Nous ne pouvons passer en revue, même rapidement, les mémoires ainsi rassemblés, et nous nous bornerons à quelques rapides indications.

Les mémoires comprennent, outre une intéressante introduction de M. Javal, des notes plus ou moins étendues, sur le principe de l'appareil, sa description, son mode d'emploi, sur la théorie mathématique de l'ophtalmométrie de la cornée, sur l'historique de la question.

Dans un autre ordre d'idées, on trouve des mémoires sur l'astigmatisme, sur ses variétés, des statistiques comprenant de nombreuses observations, des mesures faites dans des conditions variées, des notes sur la position du cristallin, sur le centrage de l'œil; c'est pour ainsi dire la partie physiologique après la partie physique. Enfin viennent les observations cliniques, dont l'importance est grande; on sait maintenant que l'astigmatisme joue souvent un rôle, pendant longtemps ignoré, dans la production des états pathologiques de l'œil: c'est ce que mettent en évidence les observations reproduites et dont nous regrettons de ne pouvoir citer les auteurs.

M. Javal a pensé qu'il convenait de publier les travaux qu'il réunissait dans la langue dans laquelle ils ont été écrits : on y trouve ainsi, outre le français, l'allemand, l'anglais et l'italien; nous ne discuterons pas cette disposition, qui gênera sans doute quelques lecteurs, car il peut être intéressant d'avoir le mémoire original. Les travaux sont insérés par ordre chronologique et, ici, nous regrettons le parti pris par l'auteur: l'ouvrage manque ainsi d'homogénéité, et il nous eût paru plus satisfaisant si les mémoires de même nature avaient été rapprochés, de manière à établir trois ou quatre grandes divisions. Il est vrai qu'il s'agit ici, non d'un livre à lire, mais d'un recueil à consulter, aussi notre critique ne présente-t-elle pas une grande importance.

Il ne faudrait pas croire que ce recueil représente la collection complète des travaux qui reposent sur l'emploi de l'ophtalmomètre; M. Javal a dû faire un choix parmi les plus intéressants; si nous ajoutons qu'il a écrit une introduction qui fait connaître l'état actuel de l'ophtalmométrie, et qu'il a joint des annotations à quelques mémoires, on reconnaîtra que, non seulement il est l'inspirateur des travaux ainsi mis au jour, mais de plus qu'il a donné à ce volume un caractère personnel qui ajoute à sa valeur comme collection de mémoires.

C.-M. Gariel.

Lucet (Adrien). — **De la congestion des mamelles et des mammites aiguës** (d'origine externe) **chez la vache.** *Un vol. de* 143 *pages avec* 4 *planches en chromolithographie.* (*prix* : 7 *fr.*) *Georges Carré*, 58, *rue Saint-André-des-Arts*, *Paris*, 1891.

Dans cette étude, fondée sur l'observation de la série intégrale des mastites qui se sont présentées à lui de mars 1889 à fin mai 1890, M. Luet distingue la *congestion* des *mammites* proprement dites.

La *congestion* est un état pathologique, caractérisé par un engorgement pâteux, à évolution lente et progressive, d'un volume variable, envahissant généralement tout l'organe, souvent ambulatoire, régulièrement indolore ou à peine sensible, existant, dans la majorité des cas, sans réaction fébrile, toujours sans gravité et de courte durée; elle ne rend jamais le lait cailleboté; quelquefois cependant celui-ci est teinté en rouge, tout en restant bien lié.

Elle peut se produire *ante partum :* c'est alors une exagération de la congestion physiologique ou *post partum :* elle résulte alors soit d'un retard dans l'établissement de la sécrétion, soit de la mauvaise conformation d'un ou plusieurs trayons, obstrués ou imperforés. Elle survient encore au cours de la lactation à la suite de la suppression de la succion, d'un arrêt dans la mulsion, d'un traumatisme, etc.

Dans un cas de mort subite (vache foudroyée pendant un orage), M. Lucet a pu faire l'examen histologique de la glande qui offrait tous les caractères de la congestion du tissu conjonctif. Dans quatre cas, il a cherché à déterminer l'état bactériologique du lait; toujours les cultures sont restées stériles, toujours aussi ce lait, injecté à des cobayes, à des lapins, etc. a paru dépourvu de propriétés pathogènes.

La *mammite aigüe* est une affection fort variée dans sa gravité, parfois mortelle, s'accompagnant toujours, dès le début, d'une fièvre intense. Elle cause constamment, dès les premières heures, dans la sécrétion de la partie envahie, une perturbation caractérisée par l'altération du lait, qui devient grumeleux, cailleboté. Elle a souvent pour conséquence la perte irrémédiable du quartier atteint; elle se développe avec rapidité et provoque en quelques heures des engorgements souvent énormes. Ceux-ci ne siègent le plus souvent que sur un seul quartier; ils atteignent cependant quelquefois l'autre quartier du même côté, mais n'envahissent jamais la glande entière et ne sont jamais ambulatoires.

Le grand développement des mamelles et la longueur exagérée des mamelons semblent des causes prédisposantes, mais, pour que la mammite se développe, il faut que les canaux galactophores ou que les lymphatiques superficiels soient envahis par des agents infectieux divers, provenant généralement des fumiers, quelquefois des mains des marcaires, ou même de la bouche du petit.

Suivant la porte d'entrée de l'infection, on peut distinguer les mammites lymphogènes et les mammites galactogènes.

L'examen bactériologique des lésions permet toujours d'y rencontrer des microbes variés suivant les cas. Ceux-ci sont tantôt plus nombreux dans le tissu conjonctif et dans les vaisseaux lymphatiques que dans le tissu glanduleux, tantôt au contraire accumulés surtout dans ce dernier, tantôt enfin répartis à peu près également dans toutes ces lésions, mais occupant constamment une situation en rapport avec la forme de la maladie. Les cultures du lait ont toujours démontré la présence de microbes dont le pouvoir pathogène sur le lapin et le cobaye a varié suivant les cas.

Dr Henri Hartmann.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

(La plupart des Académies et Sociétés savantes, dont la **Revue** *analyse ordinairement les travaux, sont actuellement en vacances.)*

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 juillet 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. J. **Boussinesq** : Calcul de la moindre longueur que doit avoir un tube circulaire évasé à son entrée pour qu'un régime sensiblement uniforme s'y établisse; la dépense de charge qu'entraîne l'établissement de ce régime. — M. **S.-P. Langley** a fait des recherches expérimentales sur le planement des plans lourds lancés dans l'air horizontalement avec des vitesses variables et inclinés d'angles variables sur l'horizon. Il a reconnu qu'avec de grandes vitesses et des angles très petits, il n'y a qu'un travail relativement faible nécessaire pour prolonger indéfiniment la chute; des chiffres déduits des expériences, il résulte que l'on possède aujourd'hui des moteurs assez légers pour se soutenir en l'air en utilisant ce principe. — M. **Féraud** propose une modification du mode de suspension des véhicules de chemin de fer et de tramways devant produire une meilleure utilisation de l'élasticité des ressorts. — M. **Em. Marchand** : Observations des taches et facules solaires faites à l'équatorial Brunner de l'Observatiore de Lyon pendant le premier semestre de l'année 1891.

2° Sciences physiques. — M. **Massin** a mesuré la capacité, la self-induction et l'induction mutuelle de trois lignes télégraphiques aériennes; il donne des détails sur les méthodes employées par lui pour ces mesures, qui n'avaient jamais été effectuées dans des conditions pratiques. — M. **A. Leduc**, préparant de l'azote en faisant passer de l'air atmosphérique sur une colonne de cuivre réduit par l'hydrogène et porté au rouge, avait observé dans ces conditions la réduction d'une petite quantité d'oxyde de cuivre ménagé à l'extrémité terminale de la colonne; il démontre qu'il se forme par l'action de l'hydrogène sur le cuivre au rouge sombre un hydrure de cuivre qui possède, au rouge, dans un courant d'un gaz inerte, une tension de dissociation appréciable; c'est cet hydrogène, fixé par le cuivre, puis dissocié dans le courant d'azote, qui a faussé les déterminations de Regnault sur la densité de l'azote. — M. **Guntz** a repris la question de l'action de la lumière sur le chlorure d'argent; il a constaté directement un dégagement de chlore sous l'action des rayons solaires concentrés par une lentille; le résidu est constitué par du sous-chlorure d'argent Ag^2Cl identique au sous-chlorure obtenu du sous-fluorure; cette décomposition absorbe 28 cal. 7; par une action moins intense, la lumière donne une transformation isomérique ou un état de condensation différent du chlorure d'argent, qui alors abandonne facilement son chlore aux corps qui en sont avides (révélateurs); l'action prolongée de la lumière sur le sous-chlorure donne finalement de l'argent métallique. — M. **Moissan** avait observé que si l'on fait arriver du trifluorure de phosphore dans du chlore, la couleur verte disparaît, et qu'il en résulte un nouveau composé gazeux. M. **C. Poulenc** a repris l'étude détaillée de ce gaz, qu'il a préparé en notable quantité et qui répond à la formule $PF^3 Cl^2$: il décrit ses principales propriétés. — M. **A. Besson** a combiné directement le bromure de bore à l'hydrogène phosphoré; la composition du produit, obtenue en déterminant le volume d'hydrogène phosphoré qu'absorbe un poids donné de bromure de bore, est $BoBr^3, PH^3$; ce corps est très altérable à l'air; chauffé à 300° dans un gaz inerte, il dégage de l'acide bromhydrique et laisse comme résidu du phosphure de bore; M. Besson indique les principales propriétés de ce dernier corps. — M. **L. Ouvrard** en chauffant de la zircone dans du chlorure de calcium fondu à la température du bec Bunsen a obtenu le zirconate de chaux, CaO,ZrO^2; les cristaux présentent de grandes analogies avec le stannate de chaux préparé par le procédé de M. Ditte et avec le titanate de chaux naturel; au moyen des chlorures de strontium et de baryum, M. Ouvrard a préparé de même, quoiqu'avec plus de difficulté, les zirconates correspondants. — M. **A. de Grammont** a obtenu par l'action d'une solution de borate de soude sur du silicate de chaux, à haute température et sous pression, un silico-borate de chaux hydraté que sa composition et ses propriétés physiques paraissent identifier avec la *datholite*. — M. **G. Patein** a étudié l'action du fluorure de bore sur les nitriles de la série grasse et de la série aromatique; il a trouvé que le fluorure de bore se combine à ces corps molécule à molécule, comme Landolph l'avait vu pour les aldéhydes, acétones et carbonyles. — M. **A. Haller**, en traitant le dérivé potassé du camphre cyané par des iodures alcooliques et des chlorures acides, a obtenu, par double décomposition, une série de camphres cyanoalcoylés, cyanobenzoylés et le camphre cyanoorthotoluylé.

3° Sciences naturelles. — A propos de la communication de M. Müntz, M. **S. Winogradsky** rappelle qu'il avait signalé le fait que le produit principal de la nitrification en cultures pures dans des solutions minérales est l'acide nitreux. Il ajoute les observations nouvelles qui suivent : des échantillons de terre provenant de points divers du globe, ensemencés sans purification dans des solutions minérales, ont donné des nitrites, qui se sont rapidement transformés en nitrates; dans des séries de culture successives, la transformation en nitrates a été constamment en diminuant, disparaissant plus ou moins vite suivant la provenance de l'échantillon initial; deux séries où la fonction d'oxydation des nitrites s'était conservée ont été utilisées pour la recherche de l'agent de cette oxydation; les cultures sur gélatine n'ont rien donné; la série provenant d'une terre de l'Amérique du Sud a donné dans des solutions de nitrite un petit bâtonnet, distinct de l'agent nitrificateur de la même terre, oxydant les nitrites et sans action sur l'ammoniaque. Les microbes vulgaires n'ont pas montré d'aptitude à oxyder les nitrites. — M. **L. Boutan** a observé à Suez les formes jeunes du *Parmophore;* l'étude de ces formes confirme les assertions que l'auteur avait émises à propos du développement de la Fissurelle, à savoir que dans ce groupe de Gastéropodes, l'ontogénie est calquée sur la phylogénie. — M. **A. Schneider** communique diverses observations sur l'appareil circulatoire des amphipodes et des arachnides et sur l'appareil respiratoire des aranéides dans ses rapports avec la circulation. — M. **P. Parmentier** expose l'histoire du genre *Eucléa* (Ebénacées) d'après les principes de M. Vesque. — M. **M. Hovelacque** décrit la structure du système libéro-ligneux primaire et la disposition des traces foliaires dans les rameaux du *Lepidodendron selaginoïdes*. — M. **St. Meunier** a examiné une pluie de pierrailles qui s'était produite à Pel-en-Der (Aube), le 6 juin dernier, au cours d'un orage; il résulte de ses remarques que les fragments de pierre de 25 à 35 millimètres ont dû être transportés par le vent à une

distance de 150 kilomètres à vol d'oiseau. — M. **Ed. Willm** a fait l'analyse des eaux salines thermales de Rennes-les-Bains (Aude); ces eaux offrent une réaction acide énergique et sont minéralisées par les sulfates ferreux et d'aluminium; elles renferment de l'acide sulfurique libre.

Mémoires présentés. — M. **E. Wolfbauer** adresse une note sur un nouveau procédé d'extraction de l'aluminium. — M. **G. Hinrichs** adresse une note relative à la tension de la vapeur d'eau saturée; l'objet de cette note est de montrer que les résultats numériques récemment publiés par M. Cailletet s'écartent de ceux qui avaient été précédemment obtenus par Dewar, précisément dans le sens indiqué par les tracés qu'avait donnés M. Hinrichs, comme une conséquence des déterminations de Regnault supposées prolongées. — M. **J. Laurent** adresse une note portant pour titre : De la chaleur spécifique du chlorure d'ammonium et de ses conséquences au point de vue de la loi de Dulong et Petit et de la loi de Wœstyn. — M. **F. Planat** adresse une note relative à un appareil auquel il donne le nom de Boussole solénoïdale bimétallique, sans trace de fer.

Séance du 20 *juillet*

1° Sciences mathématiques. — M. **Mouchez** : Observations des petites planètes faites au grand instrument méridien de l'Observatoire de Paris, pendant le deuxième semestre de l'année 1890 et le premier trimestre de l'année 1891. — M. **C. Flammarion** : Disparition apparente presque totale des satellites de Jupiter. — M. **Mouchez** présente les procès-verbaux de la troisième réunion du Comité international de la carte du Ciel. Toutes les questions relatives à l'exécution de la carte sont aujourd'hui entièrement résolues; il ne reste plus quelque doute que sur les procédés de mesure, d'utilisation et de reproduction des documents. La réunion a adressé à l'Académie des remerciements pour tout ce qu'elle a fait en faveur de l'œuvre de la carte du Ciel. — M. **J. R. Hind** : Eléments des comètes elliptiques de Swift (1889 VI) et Spitaler (1890 VII). — M. **H. Bazin** a étudié expérimentalement les pressions de l'eau dans un cas particulier des déversoirs (nappes noyées en dessous) dans le but de déterminer pour ce cas le coefficient m de la formule classique $Q = m l h \sqrt{2 g h}$.

2° Sciences physiques. — M. **D. Hurmuzescu** a constaté qu'un fil métallique fin tendu, traversé par un courant *continu*, se met à vibrer; pour une tension déterminée, l'amplitude de la vibration paraît dépendre de la différence des températures du fil et du milieu ambiant. — M. **Labatut** a examiné ce qui se passe lorsqu'on applique le procédé de photographie des couleurs de M. Lippmann à des pellicules colorées; les radiations absorbées par la couleur employée impressionnent la plaque avec une rapidité relativement grande; la lumière blanche dans ces conditions colore la plaque; les radiations non absorbées interfèrent; celles absorbées produisent un système de lames minces donnant, sur la face de la pellicule en contact avec le mercure, la couleur complémentaire de celle employée, sur l'autre face, cette couleur même. — M. **Leduc** a repris la question de la composition de l'air, en se mettant à l'abri de la cause d'erreur qui vicie les expériences antérieures et qu'il a signalée dans la séance précédente à l'Académie (introduction d'hydrogène dans l'azote par le cuivre employé pour retenir l'oxygène); il s'est servi de la méthode de Brunner, en remplaçant la mesure du volume de l'azote par une pesée. — M. **P. Sabatier** a préparé du séléniure de silicium en chauffant au rouge du sélénium cristallisé dans un courant d'hydrogène sélénié; il décrit les principales propriétés de ce corps. — On sait qu'un mélange de deux corps fusibles, ne réagissant pas chimiquement au sens ordinaire du mot, fond à une température qui n'est pas la moyenne des points de fusion des corps composants. M. **L. Vignon** a repris expérimentalement la question pour divers hydrocarbures; il étudie la variation du point de fusion suivant la nature du mélange. — M. **A. Livache** a reconnu que le produit solide résultant de l'oxydation des huiles siccatives, traité d'une manière convenable par divers dissolvants, se laisse séparer en deux parties, l'une complètement soluble, l'autre se gonflant seulement par le dissolvant; cette propriété rapproche ce produit du caoutchouc. M. Livache propose de le préparer d'avance et de l'employer en pâtes ou mélanges fluides avec des dissolvants appropriés. — M. **L. Carré** propose pour doser le phénol de le transformer en acide picrique dans des conditions déterminées et d'évaluer calorimétriquement l'acide picrique formé.

3° Sciences naturelles. — MM. **D. Labbé** et **Oudin** ont étudié l'action sur le sang de l'air ozonisé; au moyen de l'hématospectroscope de M. Hénocque, ils ont constaté une augmentation du taux de l'hémoglobine chez les sujets ayant subi ces inhalations. — M. **A. Villiers** a constaté, dans la transformation de la fécule en dextrine par le *B. amylobacter*, l'existence d'une diastase qui opère faiblement cette transformation, mais l'action principale est vraisemblablement due à la vie du bacille même. — MM. **Hugounenq** et **Eraud** ont isolé des cultures du gonocoque une toxalbumine qui jouit de la propriété spéciale d'irriter le testicule, à l'exclusion des autres tissus. — M. **A. Charpentier** résume les expériences qu'il a communiquées antérieurement à la Société de Biologie, expériences par lesquelles il démontre l'existence d'oscillations dans la sensibilité rétinienne, une courte phase d'inexcitabilité suivant à brève distance toute excitation. — M. **Ch. Contejean** a repris chez les batraciens l'étude de l'innervation de l'estomac. Il a constaté que le pneumo-gastrique est le nerf coordinateur des mouvements de l'estomac. La sécrétion est surtout commandée par le plexus intra-stomacal; le vague et le sympathique, en antagonisme l'un de l'autre, exercent une action régulatrice sur cette sécrétion. — M. **L. Roule** : Sur le développement du mésoderme des Crustacés et sur celui de ses organes dérivés. — M. **A. Malaquin** a cherché à établir la morphologie des appendices céphaliques des annélides; il conclut que ces appendices doivent être homologues aux parapodes d'un segment unique. — MM. **Lépine** et **Barral** ont étudié la glycolyse dans le sang soumis à une circulation artificielle dans un membre séparé du corps; ils ont constaté comme précédemment in vitro une diminution de la glycolyse dans le sang des chiens diabétiques à la suite de l'extirpation du pancréas. — MM. **Prillieux** et **Delacroix** démontrent par des expériences que le parasite du ver blanc peut se communiquer au ver à soie; la maladie ainsi produite est très voisine de la Muscardine. — M. **E. Blanchard** compare les faunes et les flores de l'Amérique du Nord et de l'Europe pour y découvrir les preuves de communications terrestres entre ces deux continents pendant l'âge moderne.

M. **Mascart** lit une notice sur *W. Weber*.

Mémoires présentés. — M. **Ferron** adresse un complément à son mémoire intitulé : Essai d'une théorie mathématique sur les fractures terrestres et les diaclases artificielles. — M. **Kondriawtzeff** adresse un volume contenant les résultats de nombreuses recherches géologiques dans la région des usines Maltzeff (Russie Centrale). L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 *juillet* 1891.

Discussion à propos de la communication faite par M. Lannelongue à la dernière séance, à laquelle prennent part MM. **Le Fort**, **Guérin**, **Lannelongue**, et **Guéniot**. — M. **Panas** : Hétéroplastie dermique des paupières. La blépharoplastie classique à pédicule vivant mérite la préférence sur les autres méthodes, quand elle est possible. L'ancienne méthode, dite ita-

lienne, présente un grand inconvénient consistant dans l'obligation pour le malade de maintenir le bras, auquel on emprunte le lambeau de peau, pendant plusieurs jours dans une attitude forcée fort pénible à supporter. M. Panas emploie un procédé qui consiste à prendre des lambeaux de peau sur une partie quelconque du corps (tête, bras) ; les lambeaux sont assez volumineux. Dans un cas le lambeau pris sur la tête mesurait 5 centimètres sur 2, dans un autre jusqu'à 8 centimètres sur 2. M. Panas communique six observations se rapportant à diverses lésions : ectropion, cicatrices vicieuses après brûlures. Dans ces six cas le succès fut complet. — M. **Laborde**, par une étude prolongée des sels de strontiane purs, démontre que la strontiane et ses composés sont dépourvus de toute toxicité et qu'ils possèdent une innocuité propre et relative complète. A cet égard la différence entre les sels de potasse et ceux de strontiane est constante ; tandis que les premiers finissent toujours, à la longue, par exercer une action nocive sur la nutrition générale, les seconds, au contraire, paraissent bienfaisants et favorables à cette nutrition.

M. **Millard** (de New-York) et M. **Costomiris** (d'Athènes) ont été élus membres correspondants étrangers.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 11 juillet 1891.

M. **A. H. Pilliet** a étudié histologiquement divers cas d'angiome du foie chez des sujets d'âges très différents; ses recherches lui ont montré que l'hématopoièse continue à s'effectuer dans ces tumeurs jusqu'à un âge avancé. — M. **Malassez** rapporte avoir observé des faits analogues sur des tumeurs de la moelle des os, (tumeurs à myéloplaxes) que l'on peut considérer comme des angiomes à leurs premiers stades de formation. — A propos de la note de MM. Albarran et Liuria sur le cathétérisme permanent des uretères, M. **P. Poirier** rappelle que cette opération a déjà été effectuée avec succès par de nombreux chirurgiens et par lui-même. — M. **J. Moitessier** a constaté que le travail musculaire (marche modérée) augmente l'élimination de la créatinine par l'urine.

Séance du 18 juillet 1891.

M. **Domingos Freire** lit un travail sur la vaccination de la fièvre jaune. — M. **Poirier** signale la facilité avec laquelle, sur le cadavre, une injection poussée dans l'uretère passe dans la veine rénale. — M. **Nocard**, après avoir vacciné une chèvre contre le charbon, lui a injecté une culture charbonneuse dans les conduits galactophores; depuis plusieurs semaines, la chèvre, très bien portante, donne un lait très abondant en bactéries charbonneuses. — M. **R. Blanchard** présente quelques observations sur trois helminthes rares de l'homme. — M. **Mégnin** signale chez le pigeon une forme de diphtérie œsophagienne paraissant particulière à cette espèce ; elle peut rester latente chez les adultes, mais ceux-ci, en gavant leurs petits, leur communiquent la maladie, qui les tue rapidement. Ainsi s'explique le fait observé fréquemment par les éleveurs de pigeons, de couples en apparence bien portants perdant invariablement tous leurs petits en bas âge.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 24 juillet 1891.

M. **Tanret** présente un nouveau modèle de dialyseur formé d'une feuille de papier pliée en forme de caisse, que l'on pose sur une terrine pleine d'eau. On peut empiler ces caisses les unes dans les autres et renforcer autant que l'on veut l'action dialysatrice. — M. **Hanriot** confirme la constitution des isoxazols. Il a obtenu par l'action du brôme, en présence de l'eau, sur l'amidométhyléthylisoxazol, la bromoxazolone correspondante. On peut enlever le brôme par l'action des réducteurs et obtenir la méthyléthylisoxazolone, corps très stable que n'attaquent ni le perchlorure de phosphore ni la potasse à l'ébullition. La bromoxazolone réagit à froid sur la potasse et donne le sel d'un acide monobasique $C^6H^9Az^2O^3$ avec séparation de bromure de potassium. — MM. **Behal** et **Auger** établissent la constitution des corps désignés par eux sous le nom d'acides à sels rouges et obtenus en faisant agir les chlorures de malonyle substitués sur les carbures aromatiques en présence du chlorure d'aluminium. Ils les considèrent comme des tétrahydro-métanaphtoquinones. Ils ont montré dans la précédente séance que l'attaque du noyau se faisait toujours en position para, si cela était possible, en ortho ou méta dans les autres cas. La naphtoquinone dérivée du métoxylène a pour constitution :

CO
CH — C^2H^5
CH^3 CO
CH^2

Ce composé s'altère à l'air humide et donne de l'acide propionique et un acide bibasique. L'acide chromique provoque la même oxydation : C'est une méthode générale de préparation des acides bibasiques, des dérivés polysubstitués de la benzine. Ces acides donnent très facilement des anhydrides. La formation d'une dioxime montre la présence de deux fonctions cetoniques. L'hydrogénation donne des glycols et des pinacones ; l'oxydation, au moyen du ferricyanure en liqueur alcaline, donne des bitétrahydrométanaphtoquinones possédant quatre fonctions cétoniques. — MM. **Behal et Auger** ont réussi à préparer les acides β cétoniques en faisant réagir le chlorure de malonyle, les chlorures de malonyle substituée sur les carbures aromatiques, en présence du chlorure d'aluminium et du sulfure de carbone. — M. **Le Chatelier** présente la réclamation qui a été insérée dans le numéro précédent de la *Revue*. — M. **Béchamp** annonce que les substances extractives du lait, considérées comme renfermant des peptones, n'en contiennent point. Elles possèdent, en effet, un pouvoir rotatoire droit; or, toutes les peptones des albuminoïdes sont à pouvoir rotatoire gauche. M. Béchamp étend ces faits au lait de chèvre et d'ânesse et fait des restrictions pour le lait de femme. — M. Ossipoff lit une note de M. **Potilitzine** sur la formation des hydrates de chlorures de cobalt. Cette note n'est que la reproduction d'un mémoire publié en 1884. — M. **Engel** demande à ce propos si M. Potilitzine a fait quelques additions à son travail et, sur la réponse négative de M. Ossipoff, il ajoute qu'il a développé longuement dans son mémoire le travail de M. Potilitzine. — M. **Ossipoff** est en train de déterminer, avec un de ses élèves, par la méthode cryoscopique, la grandeur moléculaire des aluns. — MM. **Lepierre et Lachaud** ont étudié l'action de la potasse à divers états de concentrations, sur le chromate de thallium, Tl^2CrO^4. Le chromate de thallium est légèrement soluble à l'ébullition dans la potasse en solution binormale ; par refroidissement, il se dépose en prismes à six pans, orthorhombiques ; il est donc isomorphe avec le sulfate et le chlorure de potassium. La potasse fondante agit sur le chromate de thallium en donnant le sesquioxyde Tl^2O^3 formé de paillettes hexagonales. En chauffant un mélange de chromate de thallium et de chromate de potasse dans du nitrate de potassium fondu, on obtient un chromate double $Tl^2CrO^4K^2CrO^4$. Enfin le chlorure thalleux fraîchement précipité réagit sur l'acide chromique dissous dans un peu d'eau en donnant le chlorochromate de thallium $CrO^2\begin{cases}OTl\\Cl\end{cases}$. — M. **Bertrand** dit que la réclamation de M. Tollens n'est pas fondée, puisqu'il s'est occupé d'un sujet différent du sien et ajoute qu'il n'y a pas lieu de chercher s'il y a ou non antériorité. —

— M. Lebel dépose sur le bureau trois notes de M. **Sabatier** relatives aux sulfures de bore, au séléniure de bore et au séléniure de silicium.

A. Combes.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Séance du 5 juin 1891

M. **Pettit** donne quelques explications sur le *procédé Anderson pour l'épuration des eaux*, à propos de la visite faite par la Société à l'usine de Boulogne-sur-Seine, où la Compagnie générale des eaux expérimente ce procédé. Il consiste à brasser pendant quelques minutes avec du fer, dans un cylindre tournant autour d'un axe horizontal, l'eau à épurer ; il se produit des sels ferreux que par aération on transforme en sels ferriques. Ceux-ci se déposent par décantation sur un filtre de sable en une couche gélatineuse qui constitue le véritable filtre ; l'eau de Seine perd ainsi de 60 à 75 0/0 de matières organiques et ne contient plus que 50 microbes par centimètre cube. — M. **Duroy de Bruignac** expose *sur le zéro absolu et le coefficient de dilatation* une théorie que discute M. **Bertrand de Fontviolant**. — M. **Haubtmann**, dans une communication sur *l'éclairage électrique de Londres et les hautes tensions*, s'occupe d'abord du prix de l'énergie électrique. Le cheval-heure coûte à Paris 0 fr. 90 et ne s'abaisse pas en France au-dessous de 0 fr. 52, prix auquel il est fixé depuis le 1er juin 1891 dans la ville de Saint-Brieuc ; il vaut 0 fr. 375 à Londres, c'est-à-dire trois fois plus cher que le gaz; c'est Fribourg la ville d'Europe où il est vendu le meilleur marché : 0 fr. 15 et, pour une consommation supérieure à 20 chevaux, 0 fr. 10. De tels écarts ne dépendent pas seulement du prix de la force motrice. Car, en déduisant celui-ci, le cheval-heure reste encore à Paris à 0 fr. 75 au lieu qu'il revient à Fribourg à 0 fr. 125 ; ces écarts viennent des différences entre les sommes de capitaux engagées, différences qui résultent des systèmes adoptés. Ceux-ci sont de deux sortes : 1° Secteurs à petites stations centrales urbaines ; 2° Secteurs à usines excentriques établies dans des endroits propres à la production économique. M. Haubtmann examine ensuite les moyens employés pour répondre à la sécurité du service et à l'économie de production. Relativement à ce dernier point, on peut diviser les installations en trois classes : 1° Installations à matériel mécanique réduit : tel est à Londres le système de la compagnie de Chelsea, dont la station génératrice alimente quatre stations secondaires d'accumulateurs. 2° Installations à distribution écomique. Celle-ci est réalisée soit au moyen de fils multiples, soit par le retour à la terre, soit par la disposition en série. A Londres les compagnies de Westminster et de Pall Mall and Saint-James's emploient le système à 3 fils d'Edison ; la Metropolitan Co se sert des courants alternatifs Westinghouse et des transformateurs Gaulard, dont un des pôles est à la terre. 3° Installations à pertes réduites sur la ligne, recourant aux hautes tensions. Des courants alternatifs de 10.000 volts sont employés par la London Electric Supply Corporation. Ce sont ces hautes tensions que M. Haubtmann croit appelées à prévaloir dans un prochain avenir.

Séance du 19 juin

M. le Président annonce que le prix annuel de la Société est décerné à M. **Normand** pour son mémoire sur la machine à vapeur dans les torpilleurs, et le prix Nozo à MM. **Lencauchez** et **Durant** pour leur mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur. — M. **Henri Chevallier** décrit le *Sondeur Belloc*, qui permet d'exécuter avec rapidité et précision les sondages sous-marins; cet appareil est remarquable par sa légèreté et par la disposition d'un frein qui produit l'arrêt automatique quand le poids de sonde touche le fond. — M. Regnard présente une note de M. **Yankowsky** sur l'accident arrivé aux appareils employés dans le port de Novorossisk (mer Noire), à la construction d'une jetée en blocs artificiels. La grue amenant les blocs était supportée par un pont à six piles tubulaires qu'on avançait au fur et à mesure en faisant flotter jusqu'à l'avant les deux piles d'arrière; d'ailleurs, les piles s'appuyaient simplement sur des enrochements et n'étaient réunies ensemble que par des poutres à treillis sans contreventement; ces conditions d'établissement, jointes à la hauteur de l'appareil (14 mètres), ne lui donnaient pas une stabilité suffisante pour résister à une violente tempête. — Une théorie exposée dans une précédente séance par M. **Casalonga**, sur le *Maximum théorique du rendement direct des machines à vapeur*, donne lieu à une intéressante discussion à laquelle prennent part l'auteur de cette théorie et MM. **Richard**, **Arnoux** et **Bertrand de Fontviolant** qui la contestent.

P. Jannettaz.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 18 juin 1891.

M. **Normann Collie**. *Note sur quelques réactions de l'acide dihydracétique. La lactone de l'acide triacétique.* — M. **W. H. Perkin**. *Pouvoir réfringent de certaines substances organiques à différentes températures.* L'auteur étudie le pouvoir réfringent de certaines substances, pour voir si l'on retrouve les particularités observées dans l'étude du pouvoir rotatoire magnétique. Il trouve que l'énergie réfractive spécifique $\left(\frac{n-1}{d}\right)$ n'est pas constante aux différentes températures; elle diminue quand la température s'élève. La formule de Lorentz ne donne pas non plus de valeurs constantes, mais conduit à des nombres d'autant plus forts que la température est plus élevée. M. Gladstone fait remarquer que cela constitue un argument en faveur de l'ancienne formule que M. Dale et lui avaient trouvée sensiblement indépendante de la température. Plus la température s'élève en effet, plus un corps se rapproche de l'état gazeux, et il est bien connu que la réfraction d'un corps est plus faible à l'état gazeux qu'à l'état liquide. — MM. **Ludwig Mond** et **F. Quincke**. *Note sur un composé volatil de fer et d'oxyde de carbone.* Du fer très divisé obtenu par réduction de l'oxalate à 400°, refroidi dans l'hydrogène à 80° et soumis à l'action d'un courant d'oxyde de carbone, donne un composé volatil qui se décompose entre 200 et 300° en formant des miroirs de fer métallique. L'analyse du composé conduit à la formule $Fe(CO)^4$. — M. **Henri Armstrong**. *La formation des sels. Contribution à la théorie de l'électrolyse et à l'étude de la nature des réactions chimiques dans le cas des corps non électrolytes.* — M. **Sydney Young**. *Dibenzyl-cétone. Tensions de vapeur de la dibenzil-cétone. Tensions de vapeur du mercure.*

SOCIÉTÉ ROYALE D'ÉDIMBOURG

Séance du 20 juillet 1891.

1° Sciences mathématiques. — — Le professeur **Copeland** lit un mémoire sur les traînées lumineuses qu'on aperçoit sur la lune. On sait depuis longtemps que la lumière refléchie par la lune au moment du premier et du dernier quartier est de beaucoup inférieure à la moitié de ce qu'elle envoie pendant la pleine lune ; on attribuait ce fait à l'ombre projetée par les hautes montagnes lunaires. Le professeur Copeland a remarqué qu'autour des cratères rayonnaient des traînées lumineuses, rectilignes ou en zigzag, qui prennent un vif éclat quand elles sont éclairées normalement et disparaissent quand la lumière tombe sous un angle d'incidence un peu considérable ; le nombre de ces stries et leur variation d'éclat sont suffisants pour expliquer le changement dans la quantité de lumière envoyée. On peut reproduire les mêmes apparences à l'aide d'un modèle en plâtre sur lequel les stries sont représentées

par des chapelets de petites perles de verre. On sait d'ailleurs que l'éclair qui jaillit de l'œil des animaux placés dans l'obscurité ne se produit que quand ils reçoivent la lumière bien en face.

2° Sciences physiques. — Le professeur **Knott** a constaté que la capacité intérieure de tubes de fer et de nickel varie quand on les aimante longitudinalement. Les tubes sont soigneusement bouchés à leurs deux extrémités et l'un des bouchons est traversé par un tube capillaire ; les tubes sont remplis d'alcool coloré par de la cochenille ; le mouvement de la colonne liquide dans le tube capillaire indique les variations de volume ; on l'observe à l'aide du microscope. Pour le fer il y a diminution du volume intérieur, cette diminution passant d'ailleurs pour un maximum pour la valeur du champ qui produit le maximum d'extension longitudinale. Pour le nickel on observe le même phénomène, mais la diminution de volume continue à s'approcher de zéro et finit par changer de signe. On n'observe rien avec un tube de verre. — Le professeur **Tait** lit un mémoire sur la définition et la mesure de la température dans un système de particules exerçant des actions moléculaires réciproques.

3° Sciences naturelles. — Le professeur **Mackintosh** présente des considérations sur le développement de l'histoire naturelle de poissons marins. Il a démontré qu'un grand œuf de mer jusqu'ici inconnu était celui du *platessa limanda;* il a étudié également la reproduction des anguilles de sable.

Les séances de la Société sont suspendues jusqu'au mois de décembre.

W. Peddie,
Docteur de l'Université.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 25 *juin* 1891.

1° Sciences physiques. — M. Kundt présente un travail de MM. **Krigar-Menzel** et **Raps** sur les vibrations des cordes. Les cordes étaient de minces fils d'acier tendus devant la fente d'une lampe électrique. L'image de la corde fut projetée par un système de lentilles sur un tambour qui tournait avec une vitesse constante et qui était couvert de papier photographique. Le type général des images obtenues de cette manière représente des zigzags, que M. Helmholtz avait déjà reconnus dans son microscope de vibration comme la figure caractéristique des cordes mises en vibration à l'aide d'un archet. La mesure exacte et un examen analytique des figures obtenues fait reconnaître que toutes les vibrations partielles, ayant un nœud près du point touché par l'archet, sont développées avec une netteté supérieure. Dès que l'archet est appliqué au point même qui correspond au nœud de ces vibrations, la figure change subitement parce que ces vibrations ne peuvent plus se produire. Le point touché se meut avec une vitesse constante vers le haut pour descendre subitement avec une vitesse constante aussi, mais plus grande que la première : de là ces zigzags réguliers qu'on obtient.

2° Sciences naturelles. — M. T. du Bois-Reymond présente un travail de M. **Rosenthal** (Erlangen) qui s'occupe de mesures calorimétriques. L'auteur expose quelles erreurs on commet en identifiant l'émission de chaleur d'un animal avec sa production de chaleur, car des altérations de la peau peuvent changer l'émission de chaleur, quoique la production de chaleur soit restée la même. M. Rosenthal s'occupe dans le présent travail surtout d'animaux en fièvre. De ce que la consomption est suivie d'une augmentation d'oxygène et d'une émission de plus grandes quantités d'acide carbonique, on a conclu que, pendant la fièvre, il y a augmentation de production de chaleur. M. Rosenthal a observé pendant plusieurs jours au sein de son calorimètre des animaux tout à fait sains auxquels on communiquait ensuite la fièvre par l'injection de liqueurs pyrogènes. La température du calorimètre baisse d'abord pendant la fièvre tandis que la température de l'animal monte; il y a donc une rétention de chaleur, comme M. Franke l'a déjà observé, et non une plus grande production de chaleur, au moins pendant la période initiale de la fièvre. En provoquant un abaissement rapide de la température de l'animal par une injection d'antipyrine, on observe au calorimètre une émission plus énergique de chaleur. Après tout, M. Rosenthal croit que les moyens pyrogènes, loin d'augmenter la production de chaleur, diminuent seulement le coefficient d'émission. — M. **Fritsche** annonce dans une note présentée également par M. du Bois-Raymond qu'il a réussi à poursuivre les nerfs électriques des Mormyrides jusqu'à leur origine à l'épine dorsale.

Séance du 26 *juillet*

M. **Rammelsberg** : Sur quelques sels de l'acide hypophosphorique. Il a préparé et analysé les sels suivants :

$$2Li^2PO^3 + 7H^2O;\quad LiHPO^3 + H^2O;\quad Tl^2PO^3;$$
$$2TlHPO^3 + Tl^2PO^3;\quad BaPO^3;\quad MgPO^3 + 6H^2O;$$
$$2BePO^3 + 3H^2O.$$

Sous l'influence de la chaleur les hypophosphates se changent en pyrophosphates et en phosphites des métaux respectifs, d'après la formule :

$$7RPO^3 = 3R^2P^2O^7 + RP.$$

Dr Hans Jahn.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 9 *juillet* 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **Gegenbauer** : Note sur le symbole de Legendre et Jacobi.

2° Sciences physiques. — M. **Adler** : Sur une méthode de détermination du coefficient d'aimantation des corps solides au moyen de la balance. Le mémoire recherche dans quelles dispositions il faut se placer pour pouvoir déduire de l'attraction mécanique d'une substance dans un champ magnétique le coefficient d'aimantation de la substance. Le calcul montre qu'on réalise ces conditions en donnant à la substance la forme d'un fil très long et très fin, dont un morceau très long en proportion de son épaisseur est situé dans un champ magnétique homogène de telle sorte que les lignes de force soient parallèles à l'axe du fil, tandis que l'autre section transversale du bout se trouve à un point où la force magnétique a une valeur infiniment faible. Le nombre de lignes de forces qui arrivent à l'extrémité antérieure, par unité de surface, est :

$$p = J_1 H_1 - \int_0^{\sigma_1} \frac{J\,dJ}{k}$$

H_1 étant l'intensité dans le champ homogène, J_1 le moment magnétique développé dans la substance même et $k = \frac{J}{H}$ le coefficient d'aimantation. Les valeurs calculées par cette formule et en appliquant la méthode de calcul de l'intégrale indiquée par Stofan[1] concordent avec celles que donne l'expérience. De plus, Quincke a montré que si, dans une seconde série d'expériences, on place l'axe du barreau normal aux lignes de force du champ homogène, le nombre $p\perp$ des lignes de force magnétiques dans ce second cas est au nombre précédent $p\sharp$ dans le rapport

$$\frac{p\sharp}{p\perp} = 1 + 2\pi k.$$

Ce rapport se trouve bien, en fait, dépendre de la force magnétisante, et il est plus grand pour les champs faibles que pour les champs puissants. — M. **Gottfried Grün** : Contribution à la connaissance des permanganates. — M. **Glücksmann** : Sur la connaissance de

[1] Comptes-rendus de l'Académie de Vienne; 69, p. 202.

l'acide triméthyléthylidénolactique. — M. **Natterer**, chimiste de l'expédition du vaisseau *Pola* dans l'été 1890 : Recherches chimiques sur la Méditerranée orientale. Le mémoire donne le résumé de 80 analyses d'eau de mer. On a déterminé, à bord du vaisseau, le contenu de cette eau en acide sulfurique, en acide carbonique, en ammoniaque, en ammoniaque provenant de l'oxydation des substances organiques azotées de l'eau de mer; en oxygène employé à l'oxydation des substances organiques et en salpêtre (plusieurs de ces déterminations se font par une méthode calorimétrique). A Vienne on a ensuite titré les eaux apportées en chlore, acide sulfurique, brome, calcium, magnésium, potassium, sodium, sels contenus simplement à l'état de trace dans l'eau de mer, etc.

3° Sciences naturelles. — M. **Ludwig** : Sur l'action du bacille de l'œdème malin sur les hydrates de carbone. — Sur quelque poissons nouveaux et rares de l'archipel des Canaries, des rivières de l'Amérique du Sud et de Madagascar sous le titre : Mémoires ichthyologiques XV. Les nouvelles espèces découvertes sont : *Serranus Simonyi* (Canaries); *Alphanopus Simonyi* (Sainte-Croix de Ténériffe ; — *Bergia altipinnis* (Montevideo); — *Tetragonopterus lineatus* (fleuve des Amazones, près d'Iquitos). — *Tetragonopterus anomalus* (Rio Parana); *Pomacentrus Grandidieri* (Madagascar).

Émile Weyr,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de mai 1891

1° Sciences mathématiques. — M. **Tacchini** présente le résumé des observations faites sur le Soleil pendant le premier trimestre de 1891, à l'Observatoire du Collège Romain. On voit que le phénomène des taches et celui des facules montre un sensible accroissement sur le trimestre précédent. Le phénomène des protubérances est aussi plus marqué, et l'on peut dire qu'en février, il y a eu un réveil particulier de tous les phénomènes à la surface du Soleil, où l'on a observé encore des éruptions métalliques. — M. **Pittarelli** : Sur les lignes asymptotiques d'une classe de surfaces gauches de genre zéro. Sur les lignes asymptotiques des surfaces gauches rationnelles de Cayley. — M. **Favero** : Sur une récente formule de M. Heymann, relative à l'expression des racines de l'équation générale algébrique. — M. **Tacchini** rend compte à l'Académie des indications données par les appareils enregistreurs du Collège Romain, lors de l'explosion d'un dépôt de poudres près de Rome. L'énorme quantité de gaz développés par la combustion de presque 265 tonnes de poudre, en augmentant la pression atmosphérique, a causé dans le barographe un saut de 11,4 millimètres sur la courbe normale, et un abaissement consécutif de 8,8 millimètres au-dessous de cette courbe. La grande vague atmosphérique a fait ressentir son action sur le baromètre jusqu'à 22 kilomètres de distance; le bruit de l'explosion a été entendu jusque dans la campagne de Forli, à 250 kilomètres de Rome. L'ébranlement du sol a été très fort et il s'est propagé avec une vitesse plus grande que celle du son. Des indications fournies par les séismographes, qui ont commencé à marcher avant que le bruit de l'explosion et la vague atmosphérique arrivassent à l'Observatoire, M. Tacchini déduit que cette vitesse de propagation de la secousse dans le sol, a été double de celle du son dans l'air. — M. **Grablovitz** a eu occasion d'étudier l'occlusion accidentelle d'une source de l'établissement balnéaire d'Ischia, causée par un dépôt de matériaux divers qui étaient tombés dans la source pendant l'exécution de travaux. Cette occlusion a produit dans l'eau de la source des variations thermiques remarquables, et des changements dans le régime des sources voisines. M. Grablovitz donne de nombreux détails sur ces phénomènes, et il fait observer que l'occlusion d'une source peut avoir de graves conséquences, parce que l'eau, obligée de changer son parcours, peut parvenir jusqu'à des couches plus chaudes, pouvant même avoir la température de l'ébullition. En effet, lors de l'occlusion de la source, on a entendu des bruits souterrains qui, ainsi que des trépidations du sol, ont persisté après que la source avait été déblayée. Il est donc probable que tous ces phénomènes soit la conséquence des changements apportés par l'occlusion de la source dans le régime des eaux du sous-sol; et l'on doit considérer les variations thermiques des sources comme la cause ou l'effet d'autres phénomènes.

2° Sciences physiques. — M. **Righi** entretient l'Académie des expériences qu'il a exécutées en produisant des décharges électriques, au moyen d'une forte batterie, dans l'air plus ou moins raréfié. En changeant les conditions de l'expérience, la décharge qui présente d'ordinaire l'aspect d'une flamme, d'une masse lumineuse passant d'une électrode à l'autre avec la vitesse moyenne d'un mètre par seconde, peut se subdiviser en une série de masses lumineuses, qui se suivent et présentent l'aspect de gouttes d'eau. M. Righi a réussi à obtenir des images photographiques de ces masses lumineuses en mouvement et de leurs différentes modifications; il se propose de s'occuper de ces images dans un Mémoire où il traitera en détail tous les phénomènes qu'il a étudiés. — M. **Ascoli** s'occupe de la relation qui existe entre la force électromotrice et la chaleur chimique de la pile. Si l'on a deux éléments identiques reliés en opposition, et qu'on élève la température d'un de ces éléments, on obtient un courant. Il est facile de voir que si la force électromotrice décroît lorsqu'on élève la température, la chaleur voltaïque doit être moindre que la chaleur chimique ; et, que si la force électromotrice devient plus grande, c'est le contraire qui se vérifie. En effet, s'il n'en était ainsi, on aurait un transport continu de chaleur de l'élément froid à l'élément réchauffé, et le courant pourrait subsister avec une dépense minime d'énergie. L'équation de Helmholtz $E = Q + \frac{dE}{dT} T$, qui conduit au résultat précédent, reste démontrée en appliquant au système considéré un raisonnement tout à fait semblable à celui employé par Thomson pour les piles thermo-électriques. Ce raisonnement démontre que le terme $\frac{dE}{dT} T$ représente la somme des phénomènes Peltier *apparents* qui se produisent dans la pile, c'est-à-dire de ces phénomènes qui donnent origine aux courants thermo-électriques entre métaux et électrolytes. La somme des phénomènes Peltier *vrais* serait mesurée par E même, et elle resterait marquée par le développement de la chaleur chimique. De cette manière serait résolu le débat entre Duhnen et Gockel relatif au phénomène Peltier des piles et à la vérification expérimentale de l'équation de Helmholtz. — M. **Battelli** a repris les expériences exécutées par M. Bruchietti[1], pour déterminer l'influence de la force électromotrice des électrodes dans l'étude des courants telluriques. Il arrive à la conclusion que les résultats, dont il avait déjà donné communication, sur les variations de la force électromotrice et de la direction des courants telluriques, restent toujours les mêmes[2]. Il existe vraisemblablement encore certains rapports entre les courants telluriques et quelques éléments météorologiques, mais ils ont pu échapper à M. Battelli à cause des changements des forces électromotrices engendrées par le contact des électrodes avec le sol. — MM. **Mond** et **Nasini** exposent le résultat de leurs recherches sur le composé obtenu par M. Mond en faisant agir l'oxyde de carbone sur le nickel métallique réduit par l'hydrogène. Ils ont étudié le composé $Ni\,(CO)^4$ en relation avec la loi de Raoult, et ils ont reconnu qu'en solution benzolique, on obtient pour l'abaissement moléculaire du point de

[1] *Revue générale des Sciences*, t. Ier, 1890, page 750.
[2] *Ibid.*, page 350.

congélation, des valeurs qui correspondent, avec une suffisante exactitude, à la formule donnée ci-dessus. En étudiant le coefficient de dilatation du liquide, les auteurs trouvent l'expression suivante, qui représente les variations du volume en fonction de la température.

$$V_t = 1 + 0{,}0016288\,t + 0{,}000006008\,t^2 + 0{,}00000000505\,t^3.$$

Le nickel tétraoxycarbonique est donc un composé doué d'un coefficient de dilatation très élevé ; il a la densité de 1,35613 à 0°. Ce composé jouit encore d'un fort pouvoir de réfraction et de dispersion, et ce dernier est très peu différent de celui du sulfure de carbone. Les auteurs arrivent à la conclusion que ce composé du nickel a une réfraction atomique beaucoup plus élevée que la réfraction qu'il possède à l'état métallique ou dans les sels. Ils croient que cette réfraction plus grande du nickel doit dépendre de la forme de la combinaison, parce que le nickel dans le composé paraîtrait octovalent, tandis que dans l'oxyde et dans les sels il est bivalent. Ce fait se trouverait en harmonie avec la place que M. Mendelejeff a assignée au nickel dans son système périodique. — MM. **Leone** et **Magnanimi** ont fait des recherches sur la nitrification de l'azote organique, étudiant la marche du phénomène dans l'eau, où la détermination des acides nitreux et nitrique est plus simple; de plus, la transformation de l'azote s'y acccomplit d'une façon régulière, ne dépendant pas des conditions de porosité ou d'humidité du terrain. Les auteurs ont reconnu que dans l'acide nitrique, dernier produit de l'oxydation, l'azote se trouve en quantité moindre que dans la substance originaire ; ils se proposent de faire de nouvelles expériences pour établir si cet azote disparaît par les fermentations, ou s'il reste à l'état d'azote organique non transformable. — M. **Giorgis** : Action du peroxyde d'hydrogène et de l'eau saturée d'anydride carbonique, sur le magnésium métallique. — M. **Zanetti** : Sur une nouvelle méthode pour déterminer la constitution des homologues du pyrrol. — MM. **Zatti** et **Ferratini** : Sur le poids moléculaire du nitrosoindol. — M. **Pellizzari** : Recherches sur la guanidine. — M. **Negri** : Sur la forme cristalline de quelques dérivés de la cantharidine.

3° Sciences naturelles. — M. **Mingazzini** décrit de nouvelles espèces de Grégarines qu'il a trouvées dans l'intestin de quelques vers, crustacés, tuniciés, vivant dans le golfe de Naples. L'auteur a fait l'importante remarque que les états évolutifs des espèces supérieures sont parfaitement semblables à l'état adulte des espèces inférieures ; cette remarque n'avait pas encore été faite jusqu'à présent pour les protozoaires, mais pour les métazoaires seulement. — M. **Giesbrecht** donne, dans une nouvelle note, la liste des Copépodes recueillis par M. **Chierchia** dans son voyage de circumnavigation, et par M. **Orsini** dans la mer Rouge. Les nouveaux genres sont très nombreux ; pour chaque espèce est indiqué le lieu où l'on a trouvé les individus, et la profondeur à laquelle ils ont été pêchés. — M. **Fol** : Sur la quadrille des centres ; un épisode nouveau de la fécondation. — M. **de Stefani** donne la conclusion de ses études sur la géologie de la Sardaigne. Cette île ne montre pas de différences dans ses terrains azoïques et paléozoïques, avec les régions circonvoisines de la Méditerranée. Des soulèvements se sont produits dans la période tertiaire, accompagnés par de puissantes éruptions volcaniques. La Sardaigne est, géologiquement, indépendante de l'Italie, et cette indépendance géologique se retrouve dans les affinités biologiques; sous ces rapports, au contraire, la Sardaigne et la Corse sont étroitement liées entre elles. — M. **Tizzoni** et M^e. **Cattani** ont poursuivi leurs recherches sur la substance, quelle qu'elle soit, qu'ils ont appelée antitoxine du tétanos, capable de rendre les animaux réfractaires au tétanos lorsque ces derniers ont été inoculés avec du sérum d'animaux réfractaires à l'inoculation tétanique. M. Tizzoni et Me. Cattani ont observé que ce sérum conserve son action sur le poison du tétanos jusqu'à la température de 60° C. ; cette action est détruite à la température à laquelle se produit la coagulation de l'albumine, ce qui fait penser que l'antitoxine du tétanos doit appartenir aux substances albuminoïdes. Les auteurs ont encore reconnu que l'antitoxine n'est pas une substance dialysable, et ils ont étudié les modifications qu'elle subit sous l'action des acides, des alcalis, des sels. Ces expériences conduisent à admettre que l'antitoxine du tétanos, contenue dans le sérum du sang d'un chien réfractaire, est une substance albuminoïde dont les propriétés principales correspondent à celles des enzimes. L'extrait de sangsue ne modifie pas les propriétés de l'antitoxine. D'autres recherches furent exécutées par les mêmes expérimentateurs pour déterminer le mode d'action de cette substance. On a trouvé que l'antitoxine n'existe ni dans les tissus ni dans les organes, mais qu'elle se trouve dans le sang et surtout dans le sérum. Préparée à l'état sec, l'antitoxine donne l'immunité aux souris, mais elle ne manifeste aucune action lorsqu'on l'injecte aux animaux, même en forte quantité, après une inoculation tétanique.

Ernesto Mancini.

CORRESPONDANCE

SUR LA CRAIE PHOSPHATÉE

Monsieur le Directeur,

Dans l'article que j'ai consacré à la question de la craie phosphatée de Picardie [1], j'ai eu soin de constater que les conclusions de MM. Renard et Cornet, relativement à l'origine organique du phosphate des nodules, s'accordaient avec les faits observés dans d'autres gisements de phosphates, tels que ceux de Ciply et des Ardennes. Mais j'ignorais alors que des observations du même genre eussent été récemment faites, tant sur les calcaires triasiques de la Lorraine que sur les gîtes phosphatés éocènes de l'Afrique, par M. Bleicher, le savant professeur à la Faculté des sciences de Nancy [2].

M. Bleicher a d'abord reconnu que le calcaire du muschelkalk supérieur des environs de Lunéville, en dehors des os, des dents et des écailles qu'on y a depuis longtemps signalés, renferme des débris osseux microscopiques, complètement minéralisés et ayant tantôt conservé, tantôt perdu leur structure caractéristique.

Quant aux échantillons de phosphates d'Algérie et de Tunisie, dont il a pu examiner toute une série, M. Bleicher y a trouvé de telles quantités de menus débris osseux, de dents et d'écailles de poissons, qu'il déclare n'avoir « pas été tenté de chercher ailleurs l'origine de ce minéral ». Aussi concluait-il en disant que « quand, dans un gisement sédimentaire, on trouve une forte teneur en phosphate, et surtout quand la roche examinée est farcie de débris osseux, on peut attribuer cette abondance du phosphate à la dissociation des os et de la matière organique qui les accompagnait. »

Nous sommes heureux de rendre à M. Bleicher la justice qui lui est due, en montrant qu'il y a plus d'un an de patientes observations microscopiques avaient suggéré à ce savant des vues tout à fait conformes à celles que MM. Renard et Cornet ont si habilement développées.

A. de Lapparent.

[1] *Revue générale des Sciences*, 30 juin 1891.

[2] *Bulletin des séances de la société des sciences de Nancy*, 15 juillet 1890, 2 février 1891. — *Comptes-Rendus*, 9 juin 1890, 4 mai 1891.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

WILHELM WEBER [1]

Trois savants distingués : Ernest-Henri Weber, l'éminent physiologiste et naturaliste, Wilhelm-Edouard, l'illustre physicien, et Edouard-Frédéric, le physiologiste, sont les fils du théologien bien connu Michel Weber ; ils sont nés à Wittembourg.

Le penseur le plus original des trois était Wilhelm Weber, né le 24 octobre 1804 : c'est dans un travail fait en commun avec son frère aîné, Ernest-Henri, qu'il publia sa *Théorie des ondes*. En commun avec son plus jeune frère, il fit la *Mécanique des rouages de la machine humaine*. Ces deux livres sont devenus d'une importance fondamentale en biologie ; c'est dans ces ouvrages que fut pour la première fois développée complètement et d'une façon tranchée l'opposition entre « la méthode expérimentale dans les sciences de la Nature » et la « méthode fantaisiste de la philosophie naturelle », alors dominante.

Dans tous ses travaux, Wilhelm Weber à mis en pratique la méthode d'investigation devenue aujourd'hui le bien commun de tous les savants qui étudient la Nature : on en appelle d'abord à l'observation ; on rassemble avec pondération toutes les expériences décisives ; on rapproche un phénomène d'un autre, jusqu'à ce qu'enfin l'énigme compliquée se déchiffre d'elle-même. Ce n'est qu'avec une pareille méthode de recherche, sévèrement scientifique, qu'il sera possible de ramener un phénomène biologique aussi complexe que la marche de l'homme aux lois rigoureuses de la physique.

La « théorie des ondes » apportait une base à la Physique non seulement médicale, mais même générale. L'Acoustique et l'Optique tirèrent un grand profit de cette théorie des ondes ; la question de l'existence des ondes longitudinales et transversales y reçut une réponse fondée sur l'expérience.

Ce sont les recherches électriques et magnétiques qui ont eu dans l'esprit de Weber la part du lion. Dans ce domaine le nom de Weber est lié pour toujours à plusieurs découvertes absolument fondamentales ; c'est là aussi que Weber a rempli sa tâche capitale, qui a porté son nom, associé à celui de son collaborateur Gauss, bien au delà des limites de sa patrie et jusque dans les cercles profanes : je veux parler de sa découverte du système télégraphique qui repose sur l'induction magnétique. Tout le monde apprécie aujourd'hui les bienfaits de la télégraphie électrique, le rôle de cette invention dans les relations et la vie intellectuelle des peuples ; l'histoire a déjà enregistré les services que le télégraphe a rendus à l'humanité ; on peut avec raison appeler le réseau des fils télégraphiques « le système nerveux des peuples de la Terre ». Si l'on fait abstraction des expériences de Sömmering, on trouve que ce fut le désir de Weber et de Gauss de communiquer entre eux promptement et facilement au cours de leurs travaux scientifiques, qui donna naissance au premier télégraphe. Weber travaillait à l'Institut de Physique et Gauss à l'Observatoire astronomique, assez éloigné. Weber avait, dès 1833, fait avec succès les premiers essais sur la télégraphie électromagnétique ; Gauss les présenta le 9 août 1844 à la Société des Sciences de Göttingue : « Nous ne pouvons, disait-il, passer sous silence une disposition remarquable et jusqu'à ce jour unique dans son genre, que nous devons à notre collègue, M. le Professeur Weber. Il a installé l'année passée déjà un double fil qui part de son cabinet de physique, passe dans la ville au-dessus des maisons, et va ainsi jusqu'à l'Observatoire astronomique ; il a été prolongé maintenant de l'Observatoire astronomique jusqu'à l'Observatoire magnétique. Il comprend une grande pile galvanique ; le courant produit traverse un fil qui s'enroule aux deux extrémités sur des multiplicateurs sensibles ; il est calculé de manière à traverser une longueur de fil de près de neuf mille pieds... On ne remarque pas sans admiration comment il se peut qu'un simple couple de plateaux à une extrémité met instantanément en mouvement le barreau aimanté à l'autre bout, et lui imprime une déviation de plus de mille divisions de l'échelle... La facilité et la sûreté avec laquelle on commande par le commutateur la direction du courant et le mouvement de l'aiguille, qui en résulte, avait suggéré l'année passée déjà des expériences sur l'application à la transmission de signaux télégraphiques, expériences qui ont réussi aussi complètement avec des mots entiers et de petites phrases. Sans aucun doute, il sera possible, d'une manière analogue, d'établir une liaison télégraphique immédiate entre deux points éloignés l'un de l'autre d'un grand nombre de milles ; seulement ce n'est pas ici naturellement le lieu de développer plus longuement ces idées sur la question. » Les inventeurs se contentèrent de ces indications sommaires publiées dans les *Travaux des savants de Göttingue*, laissant à d'autres l'exploitation de leur invention.

Les recherches conduites en commun par Weber et Gauss sur le magnétisme terrestre restent encore aujourd'hui les plus précieuses dans cette branche de la Science. A ces recherches se rattachent les travaux de Weber sur l'induction par le magnétisme terrestre, sur les courants d'induction et l'induction unipolaire, travaux qui le conduisirent en définitive à une théorie de l'induction.

De la même façon, Weber fut conduit par plusieurs travaux isolés à sa loi fondamentale des actions électriques, à laquelle une relation étroite avec le principe de la conservation de l'énergie donne un intérêt universel. Dans ses mémoires classiques sur l'électrodynamique, Weber ne développait pas seulement la loi fondamentale des actions électriques et celles du magnétisme et du diamagnétisme ; il apprenait encore à mesurer en unités absolues l'intensité d'un courant et les autres constantes du courant électrique. Ces ouvrages de Weber sont aujourd'hui entre les mains de tous les physiciens.

L'ardeur à la découverte d'un homme qui a tant fait pour la constitution de la science électrique, devait aussi le conduire à bien quand il poursuivait un but étranger à la physique. Weber n'était pas seulement un savant excellent, c'était un homme excellent. La délicatesse de son cœur n'avait d'égale que la force de son caractère. C'est avec admiration que nous trouvons Wilhelm Weber au nombre des *Sept* de Göttingue, qui, au risque de perdre la position qui leur permettait de vivre, osèrent protester contre le coup d'Etat de leur roi.

Wilhelm Weber était de cette race d'hommes rares, qui joignent à un noble cœur la faculté de frayer par leurs découvertes des voies nouvelles et originales ; de ces hommes qui lèguent plus à l'humanité qu'ils n'ont reçu d'elle. C'est le 23 juin de cette année qu'a disparu ce qui en Wilhelm Weber était mortel. Quant aux créations de son esprit, elles vivront aussi longtemps que la science elle-même.

F. S. Archenhold,

Astronome à l'Observatoire de Charlottenbourg.

[1] Voyez aussi l'importante notice que M. Mascart vient de consacrer à Wilhelm Weber dans les *Comptes-rendus de la séance de l'Académie des Sciences*, du 20 juillet 1891, page 105.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.